

MESTRADO
ECONOMIA E ADMINISTRAÇÃO DE EMPRESAS

O Bitcoin é capaz de aumentar a eficiência da carteira diversificada de um investidor de retalho no mercado brasileiro?

Davi Trindade Batista

M

2018



O BITCOIN É CAPAZ DE AUMENTAR A EFICIÊNCIA
DA CARTEIRA DIVERSIFICADA DE UM INVESTIDOR DE
RETALHO NO MERCADO BRASILEIRO?

Davi Trindade Batista

Dissertação

Mestrado em Economia e Administração de Empresas

Orientado por

Prof. Dr. Carlos Francisco Ferreira Alves

2018

*“It strikes me that we owe it to this new generation:
To respect their enthusiasm about virtual currencies with a thoughtful and balanced response, not a
dismissive one;
To crack down hard on those who try to abuse their enthusiasm with fraud and manipulation;
To thoroughly educate ourselves – and the public – about this new innovation;
To make good policy choices and put in place sound regulatory frameworks to reduce risk for consumers.”*

J. Christopher Giancarlo,
Chairman of the U.S. Commodity Futures Trading Commission (CFTC)

Nota biográfica

Nascido em São Paulo (Brasil) em 1983, Davi Trindade Batista cursou o Ensino Fundamental e o Ensino Médio em escolas públicas municipais e estaduais da capital paulista. Concluiu ainda o Curso de Aprendizagem Industrial em Eletrônica e o Curso Técnico em Telecomunicações pela Escola SENAI Roberto Simonsen.

De 2004 a 2008 cursou Engenharia de Controle e Automação na Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) e realizou estágio em gestão de projetos na Siemens Ltda. durante o último ano da graduação.

Em 2009 trabalhou como Analista de Negócios na Roland Berger, uma das maiores consultorias de estratégia empresarial do mundo à época, tendo atuado em projetos dos setores financeiro, de óleo e gás e automobilístico.

Em 2010 e 2011 trabalhou como Analista de Planejamento, Orçamento e Finanças no Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), valendo destacar sua atuação na implantação de um sistema de gestão por competências na Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais (CREN).

Em 2012 ingressou no cargo de Analista de Mercado de Capitais na Superintendência de Relações com Empresas (SEP) da Comissão de Valores Mobiliários (CVM), tendo supervisionado operações como reestruturações societárias e aumentos de capital, além de analisar consultas e reclamações de investidores sobre diversos temas relativos às companhias abertas listadas na B3 (antiga BM&FBovespa).

Ainda em 2012, em paralelo às suas atividades na CVM, conheceu o Bitcoin e começou a se aprofundar nos aspectos económicos e tecnológicos do criptoativo, tendo ministrado em 2014 o primeiro curso presencial sobre Bitcoins do Brasil. No mesmo ano, em 2014, concluiu o 1º curso livre *“Introduction to Digital Currencies”* e ingressou na 1ª turma do *“Master in Digital Currency”* (sem tê-lo concluído), ambos da Universidade de Nicosia, do Chipre.

Em 2015 se transferiu para a Coordenação de Educação Financeira (COE) da Superintendência de Proteção e Orientação aos Investidores (SOI) da CVM, tendo elaborado material educacional e ministrado palestras acerca de temas como Planejamento

Financeiro, Poupança e Investimento, Introdução ao Mercado de Capitais, entre outros. Em especial, vale citar a elaboração do Caderno CVM sobre Uso Indevido de Informação Privilegiada (*Insider Trading*)¹ e a revisão do Guia CVM de Fundos de Investimento Imobiliário².

Em 2016 mudou-se para Portugal para cursar o Mestrado em Economia e Administração de Empresas da Faculdade de Economia da Universidade do Porto, sendo a presente dissertação a etapa final para a obtenção do título de Mestre.

No segundo semestre de 2018 retomou suas atividades laborais normais na CVM.

Contatos:

E-mail: dbatista@cvm.gov.br

LinkedIn: www.linkedin.com/in/davi-batista

¹ Disponível gratuitamente no Portal do Investidor da CVM em: <https://bit.ly/2Io5RcO>.

² Disponível gratuitamente no Portal do Investidor da CVM em: <https://bit.ly/2tqThEO>.

Agradecimentos

Agradeço a toda a minha família, especialmente Maria, Reinaldo, Rodrigo e Adriana, pelo suporte durante minha participação no Mestrado. Morar em outro país por período tão longo e ter tranquilidade para me dedicar aos estudos não teria sido possível sem o apoio de vocês.

Agradeço ao professor Carlos Alves pela orientação e confiança em mim depositada durante a elaboração da dissertação, aos membros do júri pelo tempo despendido na leitura e análise do texto e aos professores das 18 unidades curriculares do Mestrado por partilharem seu conhecimento e experiência comigo e com os demais alunos do curso.

Agradeço a Comissão de Valores Mobiliários (CVM) do Brasil pelo apoio institucional que possibilitou que eu me dedicasse integralmente ao Mestrado por quase dois anos³. Em especial, agradeço aos servidores Fernando Soares Vieira, Dow Rawet e José Alexandre Cavalcanti Vasco por, em momentos distintos, ajudarem a viabilizar minha participação no Mestrado.

Por fim, agradeço a todos os leitores que se interessaram pelo presente trabalho. Em especial, agradeço ao leitor brasileiro pela sua compreensão, já que o português adotado nesta dissertação foi o de Portugal, país em que está localizada a instituição de ensino na qual o Mestrado foi realizado. Assim, o leitor habituado ao português brasileiro notará diferenças de significado (investidor de “retalho” é investidor de “varejo”, por exemplo) ou de grafia de algumas palavras (supressão ou inclusão de letras, como nos termos “registo” e “facto”, e diferenças de acentuação, como na palavra “económico”).

³ Em que pese o apoio institucional da CVM à minha participação no Mestrado, ressalto que o conteúdo e conclusões do presente trabalho não necessariamente refletem o posicionamento da instituição. Importa citar ainda que este trabalho não é, em hipótese alguma, uma recomendação de investimento e que o ocorrido no passado não necessariamente se repetirá no futuro.

Resumo

O Bitcoin é capaz de aumentar a eficiência da carteira diversificada de um investidor de retalho⁴ no mercado brasileiro?

Embora existam estudos acadêmicos acerca do impacto do Bitcoin na eficiência da carteira de investidores nos principais mercados internacionais e existam estudos sobre o impacto da inclusão de ativos específicos na carteira de investidores do mercado brasileiro, desconhecemos a existência de estudo acadêmico que aborde a potencial influência do Bitcoin em uma carteira diversificada no Brasil, especialmente um que seja focado em um grupo de investidores em particular.

Para responder à questão esboçamos as fronteiras eficientes e estimamos as carteiras ótimas segundo diferentes critérios (minimização do desvio padrão e maximização dos Índices de Sharpe, Sortino e Ómega) e intervalos de tempo nos cenários sem e com a possibilidade de inclusão do criptoativo. Foram utilizados dados do período 2013Q3-2018Q2 de uma carteira de ativos e índices composta por indicadores de investimento em rendimento fixo (taxa Selic e IMA-Geral), rendimento variável (Ibovespa e IFIX), além de Dólar Americano e Ouro.

Em linha com os resultados alcançados por Wu e Pandey (2014) e Brière, Oosterlinck, e Szafarz (2015) com relação ao mercado dos Estados Unidos para o período de 2010 a 2013, encontramos evidência de que o Bitcoin seria capaz de aumentar a eficiência da carteira diversificada de um investidor de retalho no mercado brasileiro de 2013 a 2018. Nesse sentido, houve deslocamento positivo da fronteira eficiente com significância estatística e melhoria de todos os indicadores de desempenho das carteiras ótimas simuladas sem e com a possibilidade de inclusão do Bitcoin.

Palavras-chave: Bitcoin; Seleção de portfólios; Diversificação; Alocação de ativos; Planeamento financeiro; Moeda digital.

Códigos JEL: G11; G15; O16; F39; G01; E44.

⁴ Ao leitor brasileiro: investidor de retalho é o investidor de varejo.

Abstract

Can Bitcoin enhance the efficiency of the diversified portfolio of a retail investor in the Brazilian market?

Although there are academic studies about the impact of Bitcoin on the efficiency of the portfolio of investors in the main international markets and there are studies on the impact of the inclusion of specific assets in the portfolio of investors in the Brazilian market, we were unable to find an academic study that addresses the potential influence of Bitcoin in a diversified portfolio in Brazil, especially one focused on a particular group of investors.

In order to answer the question, we drew the efficient frontiers and estimated the optimal portfolios according to different criteria (minimization of standard deviation and maximization of Sharpe, Sortino and Omega indices) and different time intervals in the scenarios without and with the possibility of including the cryptoasset. Data from the 2013Q3-2018Q2 period were used for a portfolio of assets and indices composed of fixed income investment indicators (Selic and IMA-General), variable income (Ibovespa and IFIX), as well as US Dollar and Gold.

In line with the results achieved by Wu and Pandey (2014) and Brière, Oosterlinck, and Szafarz (2015) regarding the United States market for the period from 2010 to 2013, we found evidence that Bitcoin would be able to increase the diversified portfolio's efficiency of a retail investor in the Brazilian market from 2013 to 2018. In this sense, there was positive displacement of the efficient frontier with statistical significance and improvement of all performance indicators of simulated optimal portfolios in the scenarios without and with the possibility of inclusion of the Bitcoin.

Keywords: Bitcoin; Portfolio choice; Diversification; Asset allocation; Financial planning; Digital currency.

JEL Codes: G11; G15; O16; F39; G01; E44.

Índice

Nota biográfica	ii
Agradecimentos	iv
Resumo	v
Abstract	vi
Índice	vii
Índice de tabelas	ix
Índice de figuras	x
1. Introdução	1
1.1 Exposição do problema	1
1.2 Relevância para a regulação e supervisão do mercado de capitais	4
1.3 Conteúdo do trabalho	5
2. Caracterização do Bitcoin e revisão da literatura	6
2.1 O Bitcoin e seu uso como investimento	6
2.1.1 O início: dinheiro para pagamentos na internet sem intermediários	6
2.1.2 Um novo caminho? O “ouro digital”	8
2.1.3 Bitcoin como investimento	11
2.1.4 Os mercados e a negociação de Bitcoin	14
2.2 O Bitcoin e a eficiência da carteira do investidor no exterior	16
2.3 Ativos específicos e a eficiência da carteira do investidor brasileiro	19
3. O impacto do Bitcoin na eficiência da carteira do investidor no Brasil	21
3.1 Metodologia	21
3.1.1 Esboço das fronteiras eficientes	22
3.1.2 Testes de média e variância	25
3.1.3 Otimização do desvio padrão e dos Índices de Sharpe, Sortino e Ómega	27

3.1.4	Estimativa das carteiras ótimas por intervalos trimestrais.....	30
3.2	Dados	30
3.2.1	Definição e origem dos dados.....	30
3.2.2	Estatísticas descritivas.....	32
3.2.3	Matriz de correlações.....	33
3.2.4	O preço do Bitcoin no Brasil.....	34
4.	Resultados	36
4.1	Fronteiras eficientes sem e com a possibilidade de inclusão do Bitcoin	36
4.2	Verificação da significância estatística	40
4.3	Carteiras ótimas sem e com a possibilidade de inclusão do Bitcoin	42
4.4	Carteiras ótimas trimestrais	45
5.	Conclusões	48
6.	Referências bibliográficas.....	51
Anexos	58
Anexo 1:	Quantidade total de Bitcoins (em milhões de Bitcoins)	58
Anexo 2:	Perfil dos participantes do grupo Bitcoin Brasil no Facebook	59
Anexo 3:	Estudos sobre o impacto do Bitcoin na carteira do investidor no exterior	60
Anexo 4:	Estudos sobre o impacto de ativos específicos na carteira do investidor brasileiro	64
Anexo 5:	Fronteira eficiente no cenário sem Bitcoin (e sem ativo livre de risco)	66
Anexo 6:	Fronteira eficiente com ativo livre de risco e sem Bitcoin.....	67
Anexo 7:	Trecho da fronteira eficiente com ativo livre de risco e com Bitcoin	68
Anexo 8:	Retorno Anual em relação ao Risco de Mercado (sem Bitcoin)	69
Anexo 9:	Composição das carteiras ótimas por intervalos trimestrais.....	70

Índice de tabelas

Tabela 1 - Estatísticas descritivas dos ativos e índices (dados diários)	33
Tabela 2 - Correlações entre os ativos e índices estudados (dados diários).....	34
Tabela 3 - Pontos selecionados nas fronteiras eficientes da figura anterior	38
Tabela 4 - Cálculo da significância estatística com base em pontos selecionados	41
Tabela 5 - Cálculo da significância estatística com base nos portfólios de tangência.....	41
Tabela 6 - Carteiras ótimas sem o Bitcoin (dados diários)	42
Tabela 7 - Carteiras ótimas com o Bitcoin (dados diários).....	43
Tabela 8 - Média e mediana das carteiras ótimas trimestrais e do Ómega.....	47

Índice de figuras

Figura 1 - Taxa por transação na rede Bitcoin (em US\$)	9
Figura 2 - Evolução do preço do Bitcoin de 2013Q3 a 2018Q2 (em R\$)	15
Figura 3 - Representação gráfica das infinitas carteiras possíveis.....	23
Figura 4 - Ilustração do Ativo Livre de Risco e da Carteira de Mercado.....	25
Figura 5 - Ilustração do teste baseado na distribuição F	26
Figura 6 - Representação gráfica do cálculo do Ómega para uma referência "r"	29
Figura 7 - Preço do BTC no Brasil em relação ao exterior (dados diários)	35
Figura 8 - Fronteiras eficientes sem e com possibilidade de inclusão do Bitcoin.....	37
Figura 9 - Retorno Anual em relação ao Risco de Mercado	40
Figura 10 - Carteiras de Ómega máximo para $r=0$ (dados diários).....	46

1. Introdução

Rotineiramente surgem novos produtos de investimento nos mercados financeiros de todo o mundo. Na última década, o Bitcoin foi possivelmente o novo ativo que mais atraiu a atenção dos meios de comunicação especializados em economia e tecnologia. Nos últimos meses, esse interesse chegou ao público não especializado.

Contudo, muitas questões acerca do criptoativo ainda precisam ser respondidas. Entre elas se inclui o questionamento sobre se o Bitcoin seria capaz de aumentar a eficiência de uma carteira diversificada nos mercados financeiros locais e global. Assim, na seção que se segue exporemos detalhes relativos a essa questão, a qual essa dissertação pretende responder para o investidor de retalho⁵ do mercado brasileiro.

Em seguida, trataremos da relevância da presente investigação para as autoridades de regulação e supervisão do mercado financeiro brasileiro, especialmente para a Comissão de Valores Mobiliários (CVM) do Brasil. Por fim, na última seção dessa introdução, detalharemos o conteúdo dos capítulos seguintes dessa dissertação.

1.1 Exposição do problema

O Bitcoin vem atraindo cada vez mais a atenção dos meios de comunicação especializados na área econômica, embora ainda exista pouca pesquisa acadêmica sobre o tema. Se essa última afirmação já é verdadeira para os países mais desenvolvidos, a investigação voltada a países como o Brasil é praticamente inexistente.

Na ausência de investigação sobre o assunto, a presente dissertação procurou responder a uma questão: o investimento em Bitcoin é capaz de aumentar a eficiência de uma carteira diversificada de investidores de retalho no mercado brasileiro?

⁵ A Instrução CVM nº 539, de 13 de novembro de 2013, define o que são considerados investidores profissionais (Art. 9º-A) e investidores qualificados (Art. 9º-B). Por prática de mercado adota-se que os investidores de retalho são aqueles não enquadrados nessas duas categorias, observando-se ainda o disposto no Art. 9º-C.

Embora existam estudos acadêmicos acerca do impacto do Bitcoin na eficiência da carteira de investidores nos principais mercados internacionais (sobretudo nos Estados Unidos) e existam estudos sobre o impacto da inclusão de ativos específicos na carteira de investidores do mercado brasileiro (Caldeira, Moura, Santos, e Tessari, 2014; Cunha e Samanez, 2014; Lopes e Furtado, 2006; Oliveira e Silva, 2009; Silveira e Barros, 2010), desconhecemos a existência de estudo acadêmico que aborde a potencial influência do Bitcoin em uma carteira diversificada no Brasil.

Conforme será adiante destacado na revisão da literatura, o Bitcoin mostrou-se capaz de aumentar a eficiência da carteira de investidores no mercado dos Estados Unidos (Brière et al., 2015; Wu e Pandey, 2014). Embora fosse esperada resposta semelhante para o mercado brasileiro, mostrou-se necessário realizar uma investigação para confirmar tal hipótese, o que de facto ocorreu.

Os resultados do estudo são particularmente interessantes por conta da diferença estrutural dos mercados financeiros dos países mais desenvolvidos, com destaque para os Estados Unidos, quando comparados a mercados como o brasileiro. Enquanto aqueles são caracterizados por mercados de capitais desenvolvidos e têm vivido com taxas de juros baixas, o Brasil ainda convive com taxas de juros real e nominal altas para os padrões mundiais e dispõe de um mercado de capitais ainda pouco desenvolvido.

Outra grande diferença entre o Brasil e a generalidade dos países desenvolvidos, incluindo os Estados Unidos, diz respeito à liberdade econômica. Enquanto os Estados Unidos figuram entre as 20 economias mais livres do mundo, o Brasil ocupa a posição 153 de um ranking com 180 países. Ademais, o país foi enquadrado na categoria “maioritariamente sem liberdade econômica” (*Mostly unfree*) e com pontuação muito próxima à da pior categoria, que é de país “repressor da liberdade econômica” (*Repressed*) (Heritage Foundation, 2018).

A posição do Brasil também é ruim no Índice de Percepção da Corrupção calculado pela Transparência Internacional. Segundo a entidade, “*Dos 180 países avaliados pelo índice de 2017, mais de dois terços receberam uma nota abaixo de 50. Isso significa que mais de seis bilhões de pessoas vivem em países que são corruptos*” (p. 3). O Brasil, que recebeu a nota 37, ocupa a 96ª posição no ranking (Transparência Internacional, 2018).

Sob a ótica do investidor de retalho no mercado brasileiro, esse ambiente de baixa liberdade económica e alto índice de corrupção percebida pode representar um risco ao seu património ou à sua liberdade para realizar transações financeiras. Basta lembrar que há menos de 30 anos os brasileiros foram surpreendidos pelo bloqueio de parcela de seu dinheiro depositado em conta corrente e em caderneta de poupança, fato que ocorreu 1 dia após a tomada de posse do presidente Fernando Collor de Mello.

Nesse sentido, a história recente de alguns países apresenta evidências de que o Bitcoin foi utilizado pelos seus cidadãos como uma alternativa de blindagem do seu património em situações de crise ou como uma maneira de viabilizar transações financeiras diante da deterioração da moeda soberana local. Como exemplo, podemos citar os casos do Chipre (Farrell, 2013), Grécia (Rosenfeld, 2015), Argentina (Popper, 2015), Índia (Kashyap, 2016), China (Wildau, 2017), Zimbábue (Urban, 2017), Venezuela (Voge, 2018) e Turquia (Cuen, 2018).

Além disso, um dos indutores do desenvolvimento do mercado financeiro de um país é o seu nível de poupança. Ao tratar do caso brasileiro, o Fundo Monetário Internacional constatou que a poupança brasileira é baixa nos três setores analisados (governo, famílias e empresas) (International Monetary Fund, 2013), ao contrário do que ocorre na maioria dos países desenvolvidos.

Na presente investigação, tivemos a oportunidade de estudar a interação do Bitcoin, que é tão inovador quanto complexo, com outros instrumentos financeiros, em um ambiente de baixo nível de literacia financeira. De acordo com pesquisa da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico, o nível de literacia financeira brasileiro está abaixo da média de outros países estudados (Organisation for Economic Cooperation and Development, 2015). A pesquisa foi realizada com estudantes na faixa dos 15 anos de idade, o que indica que mesmo a nova geração do país possivelmente terá dificuldades para entender os criptoativos como o Bitcoin.

Portanto, o presente estudo constitui uma oportunidade para investigar como o Bitcoin interage com o mercado financeiro de um país emergente e com características tão peculiares quanto as do Brasil.

Por fim, importa destacar que os artigos académicos que servem de principal paradigma para a presente investigação - especialmente, Brière et al. (2015) e Wu e Pandey (2014) -

foram escritos analisando dados da fase inicial do Bitcoin (2010-2013). Já a presente dissertação ocupou-se do período seguinte, no qual o Bitcoin se consolidou e alcançou um público mais amplo (2013-2018). Julga-se, também por isso, haver utilidade na investigação sobre se o Bitcoin continuaria ou não sendo capaz de aumentar a eficiência de uma carteira diversificada.

1.2 Relevância para a regulação e supervisão do mercado de capitais

A imprensa brasileira tem publicado textos informando que já há mais de 1 milhão de investidores em Bitcoin no Brasil, quantidade superior inclusive à de investidores na bolsa de valores B3 (ex-BM&FBovespa) (Guimarães, 2018). Embora possa haver contagem de investidores em duplicidade ou investidores registrados, mas inativos, é inegável que esse fenómeno é relevante e merece ser estudado.

Por não se tratar de valor mobiliário, no Brasil o Bitcoin foge à competência da CVM. Contudo, é atribuição desta autoridade estimular a formação de poupança e disseminar a educação financeira à população brasileira. Nesse sentido, vale lembrar que a Coordenação de Educação Financeira da CVM já elaborou materiais educativos nas áreas do conhecimento ligadas a essa dissertação⁶, como planejamento financeiro (Comissão de Valores Mobiliários, 2014) e análise de investimentos (Comissão de Valores Mobiliários, 2017a).

Recentemente a CVM lançou a publicação digital “Criptoativos”, em que apresenta informações básicas sobre tais ativos e alerta para os riscos a eles associados (Comissão de Valores Mobiliários, 2018). Além disso, a entidade tem promovido algumas palestras educativas tratando sobretudo dos riscos relacionados ao investimento nessa nova classe de ativos. Entendemos que o presente estudo faz parte desse esforço para ampliar a quantidade e qualidade das informações disponíveis ao público brasileiro.

⁶ O Financial Planning Standards Board (FPSB), que atua na elaboração de padrões ligados ao planejamento financeiro, inclui a gestão de ativos como uma das áreas do planejamento financeiro pessoal e familiar. As outras cinco áreas são a gestão financeira, gestão de riscos, gestão tributária, gestão de aposentadoria e gestão sucessória.

Contudo, o trabalho aqui desenvolvido apresenta evidência de que a adição de uma pequena parcela de Bitcoin à carteira diversificada de um investidor no mercado brasileiro teria aumentado sua eficiência no período 2013Q3-2018Q2, com as devidas ressalvas relacionadas à imaturidade dessa nova tecnologia e ao facto de que antes de tomar qualquer decisão de investimento, é recomendável que o investidor seja diligente e estude e entenda em que está aplicando seus recursos financeiros.

A presente investigação também é de interesse para as esferas da supervisão e regulação do mercado de capitais por conta do “efeito colateral” resultante da evidência de aumento da eficiência das carteiras diversificadas de investidores de retalho. Com a confirmação dessa hipótese, caso o Bitcoin se torne uma alternativa realmente popular entre os investidores, é razoável supor que o custo de capital das empresas brasileiras crescerá, pois aumentará o custo de oportunidade para quem deixar de investir em Bitcoin para investir em valores mobiliários, constituindo um novo desafio para o desenvolvimento do mercado de capitais no Brasil.

1.3 Conteúdo do trabalho

O Capítulo 2 caracteriza o Bitcoin, seu uso como modalidade de investimento e apresenta os mercados em que ele é negociado. Ademais, são revistos os estudos sobre o impacto do Bitcoin na eficiência da carteira de investidores em mercados internacionais e sobre o impacto de ativos específicos na eficiência da carteira do investidor brasileiro. O Capítulo 3 apresenta a metodologia e os dados utilizados na investigação. O Capítulo 4 sintetiza e analisa os resultados do estudo, apresentando as fronteiras eficientes esboçadas e as carteiras ótimas simuladas para os diferentes cenários e critérios de otimização. Por fim, o Capítulo 5 expõe as principais conclusões da investigação.

2. Caracterização do Bitcoin e revisão da literatura

Antes de investigar se o Bitcoin é capaz de aumentar a eficiência de uma carteira diversificada no mercado brasileiro, explicaremos neste capítulo as principais características do criptoativo e de seu uso como uma modalidade de investimento. Em seguida, revisaremos a literatura acerca do impacto do Bitcoin na eficiência de carteiras de investimentos em outros países e a respeito do impacto de ativos específicos na carteira diversificada do investidor no Brasil.

2.1 O Bitcoin e seu uso como investimento

Considerando que o Bitcoin ainda é pouco conhecido, inclusive dentro do meio acadêmico, entendemos que seria pertinente iniciar essa exposição teórica apresentando os principais aspectos relacionados à sua criação para que fosse utilizado como um sistema eletrônico de pagamentos na internet sem intermediários. Em seguida, abordaremos como o criptoativo pode estar percorrendo um novo caminho em sua evolução e se tornando o “ouro digital”.

Nas últimas duas partes dessa seção faremos uma revisão teórica ligada à investigação do Bitcoin como uma modalidade de investimento e apresentaremos aspectos relacionados aos mercados e à negociação do criptoativo no Brasil e no mundo.

2.1.1 O início: dinheiro para pagamentos na internet sem intermediários

Em 01 de Novembro de 2008, Nakamoto (2008a) apresentou à comunidade de um fórum de discussões online seu artigo que tratava de uma forma eletrônica de dinheiro que permitiria a realização de pagamentos na internet sem a intermediação de uma instituição financeira. Ao eliminar os intermediários, o Bitcoin reduziria os custos das transações, tornando-as mais baratas. Para isso, propôs uma maneira de resolver o Problema do General Bizantino, uma questão da área de sistemas de computação distribuídos.

Na prática o autor possibilitou que fosse superado o problema do gasto duplo com base no registo público e descentralizado do momento em que a transação foi realizada. O problema do gasto duplo, que foi o responsável pelo insucesso de várias moedas digitais surgidas até então, está ligado ao facto de que as versões precedentes de dinheiro virtual eram, em certa medida, um arquivo de computador. Assim, a criação de cópias do arquivo (falsificação da moeda) ou o envio do mesmo arquivo para contrapartes diferentes consistia na grande questão a ser resolvida. E o Bitcoin conseguiu resolvê-la.

Em 03 de janeiro de 2009, após o artigo passar pelo escrutínio dos seus pares daquela comunidade online, Satoshi Nakamoto publicou a primeira versão do programa computacional relacionado ao que estava escrito em seu *paper*. Surgia o Bitcoin.

Em sua primeira *postagem* naquele fórum de discussão, Nakamoto (2008b) indicou quais seriam as principais propriedades do Bitcoin:

- i. impossibilidade de gastar a mesma moeda mais de uma vez (*“Double-spending is prevented with a peer-to-peer network”*);
- ii. ausência de necessidade de confiar em terceiros (*“No mint or other trusted parties”*);
- iii. possibilidade de anonimato (*“Participants can be anonymous”*);
- iv. modelo de criação de novas moedas pré-definido e conhecido (*“New coins are made from Hashcash style proof-of-work”*); e
- v. rede distribuída para garantir a confiabilidade e segurança do sistema (*“The proof-of-work for new coin generation also powers the network to prevent double-spending”*).

O Bitcoin permite transações irreversíveis, possui uma quantidade máxima de moedas digitais (21 milhões)⁷ e taxa de criação de novas moedas pré-estabelecida, além de um histórico público das transações. Qualquer um pode criar uma conta na rede Bitcoin sem ter de pagar taxas, submeter-se à análise e aprovação de alguma entidade centralizada ou mesmo informar a sua identidade. Em conjunto, essas regras resultam em um sistema que é visto como mais flexível, mais privado, e menos suscetível à supervisão regulatória do que outros métodos de pagamento – embora esses benefícios enfrentem importantes limitações⁸ (Böhme, Christin, Edelman, e Moore, 2015).

⁷ Ver **Anexo 1** – Gráfico da quantidade total de Bitcoins ao longo do tempo.

⁸ As limitações mencionadas pelos autores estão ligadas à governança (*“compared with conventional payment systems, Bitcoin lacks a governance structure other than its underlying software”*, p. 219) e aos riscos que diferem o

Ainda segundo Böhme et al. (2015), encarando o Bitcoin como uma moeda digital, ele atrai o interesse dos economistas sobretudo por conta do seu potencial de provocar uma rutura nos sistemas de pagamentos ou mesmo no sistema monetário atual.

Concebido como uma forma eletrónica de dinheiro, o Bitcoin está no radar das principais autoridades monetárias mundiais.

O Fundo Monetário Internacional divulgou documento sobre moedas virtuais, categoria na qual incluiu o Bitcoin. O texto foi elaborado adotando que, *“For the sake of specificity, Bitcoin is used as a representative example of a [Virtual Currency] and compared to a home currency, a foreign currency, and a commodity asset based on current arrangements”* (International Monetary Fund, 2016, p. 11).

O Banco Central Europeu enfatizou que as moedas virtuais, como o Bitcoin, não são formas de dinheiro como definidas pela literatura económica ou em uma perspetiva legal, mas são representações eletrónicas de valor e, em algumas circunstâncias, podem ser usadas como uma alternativa ao dinheiro. O BCE especificou que *“virtual currencies can be used only as contractual money, when there is an agreement between buyer and seller in order to accept a given virtual currency as a means of payment”* (European Central Bank, 2015, p. 24).

O Banco Central do Brasil alertou para os *“riscos decorrentes de operações de guarda e negociação das denominadas moedas virtuais”*. A instituição destacou que, *“embora as moedas virtuais tenham sido tema de debate internacional e de manifestações de autoridades monetárias e de outras autoridades públicas, não foi identificada, até a presente data, pelos organismos internacionais, a necessidade de regulamentação desses ativos. No Brasil, por enquanto, não se observam riscos relevantes para o Sistema Financeiro Nacional”* (Banco Central do Brasil, 2017, p. 1).

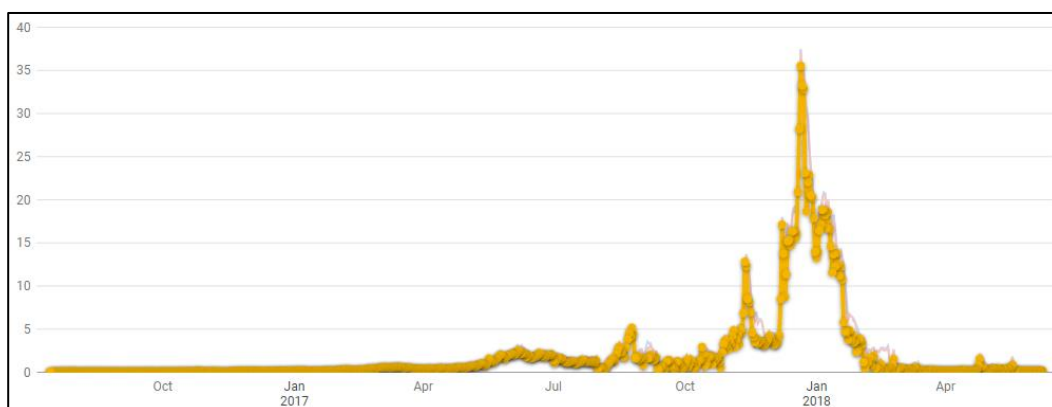
2.1.2 Um novo caminho? O “ouro digital”

A rede do Bitcoin apresenta, na atualidade, uma limitação em relação à quantidade de transações que ela pode processar em determinado período. Tendo em vista essa limitação e o facto de que ocorre algo como um leilão para definir a prioridade de cada transação, os

Bitcoin de outros métodos de pagamento e de reserva de valor (*“market risk, the shallow market problem, counterparty risk, transaction risk, operational risk, privacy-related risk, and legal and regulatory risks”*, p. 226).

utilizadores devem oferecer uma taxa de transação suficiente para que suas transações sejam processadas pela rede com brevidade. O gráfico a seguir mostra como o valor da taxa (em dólares) necessária para realizar uma transação na rede Bitcoin sofreu um grande aumento há alguns meses, regressando entretanto a níveis reduzidos por conta de seu pouco uso.

Figura 1 - Taxa por transação na rede Bitcoin (em US\$)



Fonte: Bitcoinfees (2018).

Dado o aumento da taxa de transação, a função de moeda digital do Bitcoin sofreu um choque. Nessa época somente era viável realizar transações de pagamento de quantias elevadas, situação em que o custo da taxa de transação era diluído. Uma possível solução para resolver aquele problema e estimular o uso do criptoativo como meio de pagamento digital seria aumentar o tamanho de cada bloco de seu Blockchain, permitindo que uma quantidade maior de transações seja processada no mesmo “pacote” e consequentemente reduzindo a quantia necessária para realizar uma transação.

Outra possível solução para o problema das altas taxas de transação diz respeito à criação de camadas de transações externas ao Blockchain do Bitcoin. Nesse cenário, a maior parte das transações seria realizada em “blockchains secundários” fora da rede Bitcoin, sendo que somente a compensação final de um conjunto de transações ocorreria na rede principal do criptoativo, descongestionando-a. A mais conhecida dessas soluções de camada externa é a *Lightning Network*.

Contudo, conforme descrito por De Filippi e Loveluck (2016, p. 10), o Bitcoin é composto por duas estruturas altamente interdependentes, cada uma com seu mecanismo de proteção, seu sistema de recompensas e incentivos, e seu mecanismo de resolução de conflitos. Uma é a estrutura de infraestrutura, definida como *“a decentralised payment system based on a global trustless peer-to-peer network which operates according to a specific set of protocols”*, ao passo que a outra é a estrutura dos arquitetos, descrita como *“a small group of developers and software engineers who have been entrusted with key roles for the development of this technology”*.

A divergência existente entre aqueles dois grupos (e dentro dos próprios grupos) quanto à forma de aumentar o limite de transações que a rede Bitcoin é capaz de processar chegou ao seu ápice em 01 de agosto de 2017. Nesse dia houve uma cisão (*fork*) da rede Bitcoin com o surgimento do Bitcoin Cash, moeda digital semelhante ao Bitcoin. Contudo, ela é capaz de processar uma quantidade 8 vezes maior de transações (a capacidade de seus blocos foi aumentada), o que possibilita a redução das taxas de transação.

Além dessa questão de escalabilidade, o Bitcoin apresenta limitações para desempenhar a função monetária de unidade de conta em razão de sua alta volatilidade. Essa alta variação de preço também inviabiliza seu uso como reserva de valor.

A esse respeito, Yermack (2015) argumenta que, para o Bitcoin se estabelecer como uma moeda, seu valor precisará se tornar mais estável. Assim, ele poderá servir de reserva de valor e unidade de conta em transações comerciais. Defende ainda que sua alta volatilidade está mais alinhada com um investimento especulativo do que com uma moeda.

Assim, há indícios de que o Bitcoin está assumindo características de uma *commodity* semelhante ao ouro e se distanciando da sua concepção original de moeda para transações do dia-a-dia na internet. Não é por outro motivo que ele vem sendo cada vez mais chamado de “ouro digital”.

Nessa linha, uma pesquisa feita pelo Coindesk (2017, p. 80) constatou que há uma divisão dos participantes do mercado com relação ao seu entendimento sobre o Bitcoin quando questionados *“What do you compare Bitcoin most to?”*. Para 57,02% o criptoativo seria comparável a uma moeda digital, ao passo que 42,98% dos respondentes da pesquisa o considera ouro digital. A pesquisa foi realizada durante o segundo trimestre de 2017 com mais de 1.300 leitores do portal Coindesk, que é especializado em criptoativos.

James (2018), argumentou que o Bitcoin seria como o ouro do século 21:

“Bitcoin looks like a 21st century version of gold. It can be created or mined through effort. Its creators ingeniously established an analogy with gold. Just as the price of gold depended on the fact that it took a great deal of human exertion to extract it from large quantities of earth in remote locations, Bitcoin requires large amounts of computer power driven by cheap energy in remote areas of Asia or in Iceland”. (p. 19)

Do ponto de vista governamental, importa citar que a agência do governo dos Estados Unidos que trata do mercado de derivados financeiros⁹ afirmou que, no âmbito de sua competência, o *“Bitcoin and other virtual currencies are encompassed in the definition and properly defined as commodities.”* (Commodity Futures Trading Commission, 2015, p. 3).

2.1.3 Bitcoin como investimento

Com base em dados do período de 2013 a 2015, Hong (2017) encontrou evidência de que o Bitcoin poderia ser usado como um lucrativo veículo de investimentos. Observou ainda que investidores institucionais como o Global Advisors Bitcoin Investment Fund, Pantera Capital e Falcon Global Capital começaram a investir no criptoativo ainda em 2013.

De facto, aplicando uma nova técnica denominada Empirical Mode Decomposition (EMD)¹⁰ com dados de 2010 a 2015, Bouoiyour et al. (2016) encontraram evidência de que o preço do Bitcoin é potencialmente determinado por fundamentos de longo prazo (acima de 1 ano), tais como *“supply-demand fundamentals, the exchange-trade ratio, the monetary velocity, equity market indices, exchange rates, oil prices and the estimated output volume”* (Bouoiyour et al., 2016, p. 8).

⁹ Ao leitor brasileiro: “derivados financeiros” são “derivativos financeiros”.

¹⁰ Por se tratar de uma técnica pouco conhecida, cabe citar a justificativa dos autores para sua escolha:

“To find more complete information from signals that might be hidden when employing standard econometric methods, the Empirical mode decomposition (EMD) may be useful. This technique is suited to extract mono-component and symmetric components, known as Intrinsic Mode Function (IMF), from wide bands of signals. The IMF denotes an oscillatory mode of a simple function with varying amplitude and frequency. By exploring data intrinsic modes, the EMD helps detecting possible hidden features in the data, and aims indeed at transforming the investigated time series to hierarchical structure by means of the scaling transformations. It offers appropriate frequency information evolving over time and quantifies the changeability captured via the oscillation under distinct scales and locations” (Bouoiyour, Selmi, Tiwari, e Olayeni, 2016, p. 2).

Dyhrberg (2016), por sua vez, utilizou dados de 2010 a 2015 para realizar uma análise de volatilidade utilizando o modelo GARCH. A autora concluiu que o Bitcoin pode ser classificado como algo entre o ouro e o Dólar Americano, uma vez que não é um meio de troca puro nem uma reserva de valor pura. Sugeriu ainda que o Bitcoin combina algumas vantagens das moedas e das *commodities*, podendo ser uma ferramenta útil na gestão de carteiras.

Contudo, comparando a quantidade de moedas negociadas nas bolsas de Bitcoins com o total de transações na rede do criptoativo, Glaser, Zimmermann, Haferkorn, Weber, e Siering (2014) encontraram fortes indícios de que muitos usuários negociam Bitcoins como um investimento especulativo e têm pouca intenção de utilizá-lo como meio de pagamento por produtos e serviços. De forma similar, Yermack (2015) e Baek e Elbeck (2015) concordaram com a natureza especulativa do Bitcoin em razão da sua alta volatilidade.

Boyapati (2018) argumenta que, como reserva de valor, o Bitcoin apresenta diversas vantagens em relação ao ouro e às moedas convencionais. O criptoativo seria mais portátil, mais divisível, mais escasso, mais resistente à censura (o que é especialmente importante em países com baixa liberdade econômica e forte controle de fluxo de capitais) e de mais fácil verificação de autenticidade. O ouro, por sua vez, se destacaria pela sua maior durabilidade, fungibilidade e por seu longo histórico. Ainda como reserva de valor, o autor argumenta que as moedas convencionais estariam em desvantagem em comparação ao ouro e ao Bitcoin.

As empresas Coinbase e ARK Invest (2017, p. 24) afirmaram que *“Bitcoin exhibits characteristics of a unique asset class, meeting the bar of investability, and differing substantially from other assets in terms of its politico-economic profile, price independence, and risk-reward characteristics”*. Complementaram afirmando que *“As Bitcoin’s open-source software evolves, bitcoin will differentiate itself further from other asset classes”*.

Apesar das discussões acerca da natureza e características do Bitcoin, é possível notar que ele tem se desenvolvido gradualmente como modalidade de investimento nos últimos anos, o que parece ter sido impulsionado tanto pelo aumento da segurança jurídica no mercado de criptoativos possibilitada pelo crescimento da quantidade de jurisdições que já iniciaram a regulação do setor (Law Library of Congress, 2018) quanto pela iniciativa de empresas em lançar produtos e serviços financeiros relativos a esse mercado.

Nesse sentido, em abril de 2014 a Bloomberg (2014), plataforma global de serviços financeiros, incluiu o preço do Bitcoin no rol de informações financeiras por ela fornecida aos seus clientes em atendimento ao pedido dos agentes do mercado. Em julho de 2017 a Commodity Futures Trading Commission (2017) aprovou o pedido da plataforma com foco em investidores institucionais LedgerX para realizar a negociação, compensação e liquidação de derivativos financeiros que tenham criptoativos como ativo subjacente. Em dezembro de 2017 a Chicago Board Options Exchange - Cboe (2017) e a Chicago Mercantile Exchange - CME (2017) iniciaram a negociação de contratos futuros de Bitcoin em suas plataformas.

Em julho de 2018, ciente da dificuldade que a maioria dos agentes encontram para armazenar seus criptoativos com segurança, a Coinbase lançou um serviço de custódia com o objetivo de tornar o investimento nesse mercado acessível a instituições financeiras e fundos de investimento (McIngvale, 2018). Além disso, a quantidade de pedidos de registro de Exchange Traded Funds (ETFs) lastreados em Bitcoin feitos às entidades reguladoras do mercado de capitais, sobretudo dos Estados Unidos, tem aumentado paulatinamente (Rooney, 2018; Vigna, 2017).

Embora estejamos presenciando o desenvolvimento da regulação e de produtos e serviços financeiros ligados ao mercado de criptoativos, conforme destacado anteriormente, Liew e Hewlett (2017) encontraram evidência (ainda que controversa, admitiram) de que investidores institucionais permanecem subalocados em Bitcoin. Diante desse cenário, é razoável esperar que haja crescimento gradual da participação do criptoativo na carteira de investimentos de investidores institucionais e até de fundos soberanos, fazendo com o que Bitcoin se consolide como uma modalidade de investimento nos próximos anos.

Apesar da imaturidade do mercado de criptoativos com relação a investidores institucionais e soberanos, alguns governos já informaram que irão tributar os investimentos feitos em Bitcoin. O Internal Revenue Service (2014) dos Estados Unidos, por exemplo, divulgou que, para fins tributários, as moedas virtuais estão sujeitas ao mesmo tratamento que outros tipos de propriedade. Para a Receita Federal do Brasil (2017), embora o Bitcoin não seja moeda nos termos do marco regulatório atual, ele deve ser incluído na declaração anual do imposto de renda, visto que pode ser equiparado a um ativo financeiro.

2.1.4 Os mercados e a negociação de Bitcoin

As “bolsas” de Bitcoin são as plataformas por meio das quais a maioria dos investidores de retalho negociam Bitcoins. Se assemelham ao *home broker*¹¹ de corretoras de valores mobiliários, mas elas próprias possuem o ambiente de liquidação e custódia da moeda digital. Elas são, na realidade, “bolsas” de criptoativos, já que raramente se restringem unicamente à negociação de Bitcoins.

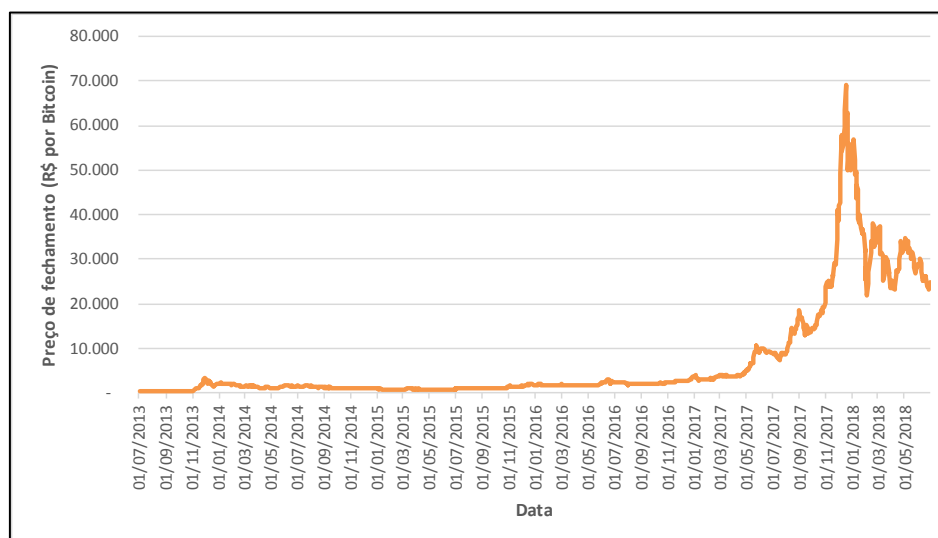
Atualmente, existem mais de 200 “bolsas” de Bitcoin no mundo (CoinMarketCap, 2018), sendo que as maiores estão localizadas na Ásia, Europa e nos Estados Unidos. No Brasil há mais de 10 “bolsas” de Bitcoin (ExchangeWar, 2018), mas a participação relativa do mercado local ainda é pequena.

A primeira negociação pública envolvendo Bitcoins que se tem notícia ocorreu em abril de 2010 quando 1.000 unidades da moeda foram negociadas ao preço de US\$ 0,03 cada. Em maio do mesmo ano ocorreu a primeira transação comercial utilizando o Bitcoin como meio de pagamento: um programador de computadores pagou 10.000 bitcoins por duas pizzas (Wallace, 2011).

Nos anos seguintes o preço do Bitcoin aumentou vertiginosamente. No período de análise do presente trabalho, de 2013Q3 a 2018Q2, o preço de 1 Bitcoin no mercado brasileiro subiu de cerca de R\$230 para aproximadamente R\$24.660, tendo atingido uma cotação máxima de quase R\$70.000 em dezembro de 2017.

¹¹ O *home broker* é um sistema eletrônico que liga investidores, inclusive os de retalho, às corretoras de valores mobiliários. Com ele os investidores podem negociar ativos como ações, fundos imobiliários e contratos de ouro por meio de uma interface amigável em seus próprios computadores pessoais, o que traz mais conforto, agilidade e simplicidade na realização de investimentos.

Figura 2 - Evolução do preço do Bitcoin de 2013Q3 a 2018Q2 (em R\$)



Fonte: Elaboração própria com dados da Economatica.

Pieters e Vivanco (2017) investigaram se aspectos ligados à regulação financeira influenciam o mercado de Bitcoins. Com base nas cotações históricas de preço de 11 “bolsas” de Bitcoin, os autores encontraram evidência de que regras como KYC (*know-your-customer*) têm impacto no mercado de Bitcoin e de que os preços podem variar de uma “bolsa” de Bitcoin para outra conforme seu nível de exigência com relação à documentação dos clientes. No mercado brasileiro a maioria das “bolsas” de Bitcoin exigem documentação de seus usuários em cumprimento à legislação referente ao KYC e AML (*anti-money laundering*).

Em 2017 as “bolsas” de Bitcoin brasileiras intermediaram a negociação de mais de 443 mil Bitcoins, totalizando mais de 8,2 bilhões de reais (cerca de 2,5 bilhões de dólares) (BitValor, 2018). Além disso, o Mercado Bitcoin informa em sua plataforma que já possui mais de 1 milhão de clientes cadastrados, quantidade superior aos cerca de 500 mil da B3 (novo nome da BM&FBovespa) (Fonseca, 2017).

Quanto ao perfil, estima-se que o criptoativo atraia o interesse do público predominantemente masculino na faixa dos 18 aos 34 anos, conforme podemos inferir do

perfil dos participantes do grupo de discussão Bitcoin Brasil no Facebook, que conta com mais de 100 mil membros¹².

A Comissão de Valores Mobiliários (2017b) brasileira, ainda que indiretamente, informou que o Bitcoin não se enquadra na definição legal de valor mobiliário adotada na jurisdição. Portanto, o criptoativo e as “bolsas” de Bitcoin estão fora de sua competência regulatória.

2.2 O Bitcoin e a eficiência da carteira do investidor no exterior

Embora ainda haja dúvidas sobre a natureza do Bitcoin (se seria moeda, *commodity* ou mesmo um colecionável), ele vem sendo cada vez mais utilizado como uma alternativa de investimento na busca pelo aumento da eficiência do portfólio, sobretudo fora do Brasil.

Utilizando dados do período de 2010 a 2013, Brière et al. (2015) analisaram o investimento em Bitcoin do ponto de vista de um investidor dos Estados Unidos com uma carteira diversificada tanto com ativos tradicionais (ações, títulos e moedas) quanto com investimentos alternativos (*commodities*, *hedge funds* e imóveis). A análise foi baseada na comparação das fronteiras eficientes dos portfólios sem e com a possibilidade de inclusão do Bitcoin e na realização de *spanning tests* de média e variância.

Os resultados do estudo evidenciam que carteiras de investimento com Bitcoin apresentam uma relação rentabilidade-risco superior às carteiras similares sem Bitcoin. Sugeriram também que, mesmo para investidores com aversão ao risco moderada, a inclusão do Bitcoin na carteira pode levar a ganhos financeiros substanciais, embora uma pequena parcela de Bitcoin já possa ser seriamente danosa para o investidor na ocorrência de cenários negativos extremos.

Na mesma linha, também utilizando dados do período de 2010 a 2013, Wu e Pandey (2014) estudaram o efeito do Bitcoin em uma carteira de investimentos. A investigação foi baseada na otimização de diversos parâmetros (como desvio padrão e Índices de Sharpe, Sortino e Ómega) e na simulação de 1.000 portfólios com pesos aleatórios dos ativos constituintes.

¹² Ver **Anexo 2** – Perfil dos participantes do grupo Bitcoin Brasil no Facebook.

As carteiras hipotéticas eram formadas por ativos do mercado dos Estados Unidos, como ações, obrigações¹³, imóveis e *commodities*, além de moedas estrangeiras.

O estudo evidenciou que a inclusão do Bitcoin em uma carteira de investimentos no período em questão aumentaria o seu retorno e reduziria o seu risco de perdas, o que seria uma demonstração de que a adição do criptoativo a uma carteira de investimentos realmente aumentaria a sua eficiência. Ademais, a investigação demonstra que o Bitcoin tem o potencial de melhorar o desempenho da carteira mesmo em cenários pessimistas.

Gasser, Eisl, e Weinmayer (2015) utilizaram a metodologia do VaR (*Conditional Value-at-Risk*) com dados de 2010 a 2015 para investigar o impacto do Bitcoin na eficiência de um portfólio diversificado sob a ótica de um investidor dos Estados Unidos. Os autores encontraram evidência de que o criptoativo otimizaria a carteira de investimentos, já que o aumento do risco do portfólio proveniente da inclusão do Bitcoin seria compensado pelo aumento de rentabilidade, resultando em uma melhor relação risco-retorno.

Aggarwal, Santosh, e Bedi (2018) também utilizaram o VaR para analisar se o Bitcoin seria capaz de melhorar a relação risco-retorno de uma carteira de investimentos diversificada no mercado indiano. Com base em dados de 2010 a 2016, os autores encontraram evidência de que o criptoativo aumentaria a eficiência do portfólio em duas (*long only* e *equally weighted*) das três estratégias testadas (a terceira era a *constrained*)¹⁴ e de que na estratégia “*long only*” os pesos dos ativos na carteira eram relativamente estáveis para diferentes horizontes de investimento em comparação à “*constrained*”.

Utilizando dados do período de 2013 a 2015, Hong (2017) investigou o momento de séries temporais (*time series momentum*) no retorno do investimento em Bitcoin e a rentabilidade da estratégia de negociação com base nessa ferramenta de análise. O autor concluiu que a adição de uma pequena parcela de Bitcoin a uma carteira de ações (tomando o índice S&P500 como referência) poderia melhorar a relação entre desempenho e risco daquela

¹³ Ao leitor brasileiro: as “obrigações”, que são chamadas de *bonds* no mercado dos Estados Unidos, são títulos de renda fixa em que o investidor empresta dinheiro a uma entidade governamental ou privada. Exemplos de “obrigações” no mercado brasileiro são os títulos públicos do Tesouro Nacional e as debêntures.

¹⁴ Quanto às estratégias, a “*equally weighted*” consistiu na definição de pesos iguais e fixos para os ativos componentes do portfólio, a “*long only*” permitia a existência somente de pesos positivos e a “*constrained*” permitia a existência de pesos variando entre -100% e +100%.

carteira. Encontrou, ainda, evidência de que mesmo investidores institucionais poderiam se beneficiar de tal diversificação.

Corbet, Meegan, Larkin, Lucey, e Yarovaya (2018) utilizaram uma técnica de decomposição de variância generalizada (*generalized variance decomposition*) com dados de 2013 a 2017 para analisar a relação entre três criptoativos, incluindo o Bitcoin, e ativos tradicionais do mercado financeiro. Os autores concluíram que há falta de relacionamento dos criptoativos com o mercado financeiro tradicional (o que evidencia seu potencial de diversificação) e que os criptoativos podem configurar uma nova classe de investimentos.

As empresas Coinbase e ARK Invest (2017) utilizaram análises de séries temporais com dados de 2011 a 2016 para investigar a correlação do Bitcoin com ativos e índices (como o S&P500, obrigações, ouro, entre outros) e concluíram que o preço do criptoativo se manteve dissociado de outras classes de ativos durante o período analisado e que o Bitcoin foi o único ativo que manteve consistentemente baixa correlação com todos os outros ativos.

Por sua vez, Ciaian, Rajcaniova, e Kancs (2016), utilizando um modelo econométrico baseado em Barro (1979) e modelos canônicos e de análise de séries temporais com dados de 2009 a 2015, sugeriram que, no longo prazo, o preço do Bitcoin não estaria relacionado a fatores macroeconômicos. Pelo contrário, o estudo evidencia que o preço do Bitcoin é influenciado pela sua atratividade e pelas forças de oferta e procura de seu próprio mercado. Além disso, não foi rejeitada a hipótese de que o comportamento especulativo dos investidores afeta o preço do Bitcoin tanto no curto quanto no longo prazo.

Conclusão similar foi encontrada por Baek e Elbeck (2015) que, com base em análises de séries temporais e de regressão com dados de 2010 a 2014, investigaram os fatores que influenciam o preço do Bitcoin e sua volatilidade em relação ao mercado de ações. Os autores afirmaram que o Bitcoin se revelou 26 vezes mais volátil do que o índice S&P500 e encontraram evidência de que o retorno do criptoativo é resultante da atuação dos seus compradores e vendedores, e não de outros fatores econômicos. Concluíram então que o mercado de Bitcoins era altamente especulativo no período estudado.

Em seu livro, Chen (2016) abordou a ausência de correlação do Bitcoin com ativos tradicionais no âmbito do estudo do Capital Asset Pricing Model (CAPM): “*Even if the underlying asset is quite volatile in absolute terms, a complete lack of correlation with the market yields a*

beta of zero. A purely speculative asset, such as Bitcoin, may exhibit wild swings in price with zero or nearly zero correlation with changes in the price of other tradable assets” (Chen, 2016, p. 8).

Assim, os trabalhos anteriormente citados consideram o Bitcoin um bom diversificador por não apresentar correlação com ativos financeiros tradicionais. Em outras palavras, os estudos analisaram, ainda que implicitamente, se a correlação do Bitcoin com esses ativos é próxima de zero.

Contudo, Baur e Lucey (2010) e Ratner e Chiu (2013) propõem uma definição distinta para o conceito de diversificação. Para eles, um diversificador seria um ativo que, na média, exibisse correlação baixa (mas positiva) com outro ativo. Um ativo de proteção (*hedge*) seria aquele que apresentasse ausência de correlação ou correlação negativa com outro ativo. Um ativo de refúgio (*safe haven*), por sua vez, seria aquele que apresentasse ausência de correlação ou correlação negativa com outro ativo durante períodos de *stress*.

Utilizando essas definições, Bouri, Molnár, Azzi, Roubaud, e Hagfors (2017) encontraram evidência de que o Bitcoin é um bom ativo de diversificação. Contudo, os resultados mostraram que o Bitcoin nem sempre é um bom ativo para proteção da carteira ou para refúgio, sendo que seu comportamento apresenta diferenças conforme o mercado e o horizonte de tempo analisados. O estudo foi realizado com dados de 2011 a 2015 e usou um modelo de correlação condicional dinâmica (*dynamic conditional correlation*) para examinar a relação do Bitcoin com diversos índices do mercado internacional.

2.3 Ativos específicos e a eficiência da carteira do investidor brasileiro

Não foi localizado nenhum estudo acadêmico acerca do impacto do investimento em Bitcoin na eficiência da carteira do investidor do mercado brasileiro. Contudo, há estudos sobre o impacto de ativos ou índices específicos na carteira dos investidores no Brasil.

Utilizando dados de 1994 a 2007, Silveira e Barros (2010) estudaram o impacto dos contratos futuros de mercadorias agropecuárias (café arábica, soja, milho, açúcar cristal, etanol e boi gordo) em uma carteira diversificada composta por ações, títulos de renda fixa, ouro e dólar. Os autores analisaram o comportamento das fronteiras eficientes nos

cenários sem e com a possibilidade de inclusão dos ativos testados, tendo observado expansões da fronteira eficiente em alguns períodos. Porém elas não foram estatisticamente significativas conforme o método proposto por Gibbons, Ross, e Shanken (1989).

Oliveira e Silva (2009) analisaram se o investidor no mercado de ações brasileiro aumentaria a eficiência de sua carteira ao investir em ações de outros países da América Latina (Argentina, Chile, México e Peru). Utilizando uma combinação de técnicas de inferência estatística com dados dos índices dos mercados de ações dos países para o período de 2003 a 2007, os autores encontraram evidência estatisticamente significativa de que a inclusão do investimento em ações de outros países latino americanos melhoraria a fronteira eficiente sob o ponto de vista do investidor brasileiro.

Cunha e Samanez (2014) concluíram que uma carteira de ações que replicasse o Índice de Sustentabilidade Empresarial (ISE) não teria sido capaz de apresentar desempenho superior (com base em uma comparação dos Índices de Sharpe, Sortino, Ómega, Treynor, Jensen e Modigliani & Modigliani) ao Ibovespa e a outros índices setoriais do mercado acionário brasileiro durante o período analisado, que foi de 2005 a 2010.

Caldeira et al. (2014), utilizando o modelo GARCH com base em dados de 2006 a 2011, encontraram evidência com significância estatística de que o investimento em cotas de fundos de investimentos multimercados resultaria em um portfólio com melhor relação risco-retorno do que os *benchmarks* adotados mesmo quando a frequência (diária, semanal ou mensal) de rebalanceamento das carteiras era alterada.

Lopes e Furtado (2006), evitando oferecer provas matemáticas analíticas, discutiram a inclusão de cotas de fundos de *private equity* e *venture capital* nas carteiras de investimentos das entidades de previdência complementar. Eles concluíram que há oportunidades de diversificação, mas argumentaram que a forma de alocação desses investimentos para investidores institucionais, sobretudo quando se trata de entidades de previdência, não pode ser baseada nos conceitos de análise de média e variância e que, dadas as características desses ativos, deve-se lançar mão do modelo de *asset liability management*¹⁵.

¹⁵ Diferente do modelo de média e variância, que objetiva otimizar a relação risco-retorno na alocação dos ativos, o modelo de *asset liability management* prioriza adequar os fluxos de caixa futuros com os compromissos assumidos pelo investidor. No caso das entidades de previdência complementar, a alocação deve levar em conta seus compromissos atuariais futuros, como o pagamento de aposentadorias, pensões e seguros.

3. O impacto do Bitcoin na eficiência da carteira do investidor no Brasil

Neste capítulo apresentaremos a metodologia que será utilizada nos 4 grupos de simulações e testes da presente dissertação. A seguir, forneceremos informações detalhadas acerca dos dados utilizados no trabalho, além de realizar um estudo inicial sobre o preço de negociação do Bitcoin no Brasil em relação ao mercado internacional.

3.1 Metodologia

Adotando a Teoria Moderna dos Portfólios inaugurada por Markowitz (1952) como espinha dorsal, realizamos 4 grupos de simulações e testes com o intuito de buscar evidências do impacto do Bitcoin no aumento da eficiência de uma carteira de investimentos no mercado brasileiro. Em essência, são eles: esboço da fronteira eficiente de Markowitz, testes de avaliação de significância estatística, simulações para estimar as carteiras ótimas segundo diferentes critérios para o período completo de 5 anos e simulações para estimar as carteiras ótimas em intervalo de tempo mais curto (por trimestre).

Com o intuito de tornar os resultados do presente estudo comparáveis com aqueles encontrados por Brière et al. (2015) e Wu e Pandey (2014), adotamos metodologia similar à aplicada por aqueles autores.

Na implementação da investigação realizamos simulações iterativas utilizando o suplemento Solver do programa Excel da Microsoft, método de solução GRG (*Generalized Reduced Gradient*) Não Linear. Habilitamos a função “Usar Início Múltiplo” para aumentar a probabilidade de que ele encontrasse os pontos de mínimo e máximo globais (conforme o caso) das funções que seriam otimizadas, reduzindo a probabilidade de apresentar soluções pautadas em pontos de inflexão locais.

3.1.1 Esboço das fronteiras eficientes

O retorno total de cada ativo (R_i) no período t é dada pela equação:

$$R_i = \left(\frac{P_{i,t}}{P_{i,t-1}} - 1 \right) \times 100$$

onde $P_{i,t}$ é o preço do ativo i ao final do período t em análise e $P_{i,t-1}$ é o preço do mesmo ativo i no início do período de análise. Na presente investigação, os períodos final e inicial são o último dia útil de 2018Q2 e o primeiro dia útil de 2013Q3, respetivamente. Assim, o retorno anual esperado do ativo i , que denotamos por $E(R_i)$, é dado pela média geométrica da rendibilidade total durante todo o período analisado, que é de 5 anos.

O risco de cada ativo σ_i é calculado com base no desvio padrão dos retornos diários apurados durante todo o período de análise e é dado pela equação:

$$\sigma_i = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^n (R_{ik} - \bar{R}_i)^2}{n - 1}}$$

onde R_{ik} é o retorno do ativo i no dia k , \bar{R}_i é o retorno médio diário do ativo i no período analisado e n é o tamanho da amostra. O risco foi anualizado multiplicando-se o desvio padrão diário pela raiz quadrada de 248, que é a quantidade média de dias úteis no ano.

Usando notação similar, a covariância entre dois ativos i e j é dada por:

$$\sigma_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^n (R_{ik} - \bar{R}_i)(R_{jk} - \bar{R}_j)}{n - 1}$$

Assim, utilizando notação matricial, o retorno esperado de um portfólio de ativos, denotado por $E(R_p)$, é dado por:

$$E(R_p) = \mu_p = \sum_{i=1}^m \omega_i \mu_i = [\omega_1 \ \omega_2 \ \omega_3 \ \dots \ \omega_m] \begin{bmatrix} \mu_1 \\ \mu_2 \\ \mu_3 \\ \vdots \\ \mu_m \end{bmatrix}$$

onde ω é o vetor de ordem $(1 \times m)$ dos pesos de cada ativo i da carteira e μ é o vetor de ordem $(m \times 1)$ dos retornos esperados de cada ativo i , sendo $i=1, 2, 3, \dots, m$. A soma dos pesos dos ativos componentes do portfólio é igual a 1 (o que representa 100% da carteira) e não há pesos negativos (não há posição curta¹⁶).

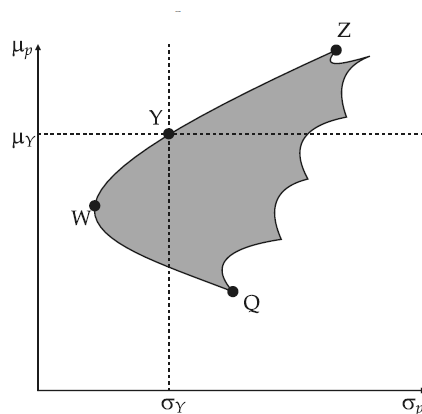
A variância σ_p^2 (que é o quadrado do desvio padrão, medida adotada de risco) do portfólio é dada por:

$$\sigma_p^2 = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m \omega_i \omega_j \sigma_{ij} = [\omega_1 \ \omega_2 \ \omega_3 \ \dots \ \omega_m] \begin{bmatrix} \sigma_1^2 & \sigma_{12} & \sigma_{13} & \dots & \sigma_{1m} \\ \sigma_{21} & \sigma_2^2 & \sigma_{23} & \dots & \sigma_{2m} \\ \sigma_{31} & \sigma_{32} & \sigma_3^2 & \dots & \sigma_{3m} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \sigma_{m1} & \sigma_{m2} & \sigma_{m3} & \dots & \sigma_m^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \omega_1 \\ \omega_2 \\ \omega_3 \\ \vdots \\ \omega_m \end{bmatrix}$$

conforme notação das variáveis definidas anteriormente, sendo que a matriz quadrada $(m \times m)$ é a matriz de variâncias e covariâncias dos retornos dos m ativos componentes da carteira.

Assim, com base nos m ativos com risco, é possível compor infinitas carteiras com média dos retornos dada por μ_p e desvio padrão σ_p . A representação gráfica desses infinitos portfólios resultaria em uma superfície semelhante à figura a seguir:

Figura 3 - Representação gráfica das infinitas carteiras possíveis



Fonte: Extraído de Silveira e Barros (2010).

A carteira W é definida como aquela de mínima variância global, ou seja, é o portfólio de menor risco possível (σ_p é mínimo). A carteira Z , por sua vez, é aquela de maior retorno

¹⁶ Ao leitor brasileiro: posição “curta” é a posição “vendida”.

possível (μ_p é máximo). A curva mais externa à superfície que liga as carteiras W e Z é chamada de fronteira eficiente e compreende infinitas carteiras Y .

Segundo a teoria moderna das carteiras, as infinitas carteiras Y sobre a curva que liga W a Z são chamadas de carteiras eficientes, já que são aquelas que apresentam o maior retorno esperado μ_y possível para um dado nível de risco σ_y ou, de forma análoga, oferecem o menor risco possível σ_y para um dado nível de retorno μ_y .

Podemos adotar ainda, é claro, uma definição ampliada do conceito de eficiência de uma carteira. Assim, aumentar a eficiência do portfólio estaria relacionado à melhoria de um indicador de desempenho adequado e amplamente reconhecido como legítimo, como a otimização do desvio padrão ou dos Índices de Sharpe, Sortino e Ómega, como veremos à frente.

Para esboçar a fronteira eficiente em cada cenário (sem e com Bitcoin), fixamos diversos valores de desvio padrão (um por simulação) e utilizamos o suplemento Solver do Excel para estimar os retornos máximos (em conjunto com os respectivos portfólios) para cada nível de risco. As exceções foram o ponto de mínima variância global, que foi calculado minimizando o desvio padrão, e o ponto de retorno máximo, que corresponde simplesmente ao ponto em que o ativo com maior rentabilidade no período representa 100% da carteira. Com base nos diversos pontos calculados traçamos então a fronteira eficiente.

Assim, na ausência da opção de investir em um ativo livre de risco, os investidores racionais (pelo critério da minimização do risco e maximização do retorno) escolherão carteiras diversificadas com ativos de risco pertencentes às fronteiras eficientes nos cenários sem e com a possibilidade de inclusão do Bitcoin. Essa escolha se dará principalmente com base na sua tolerância ao risco.

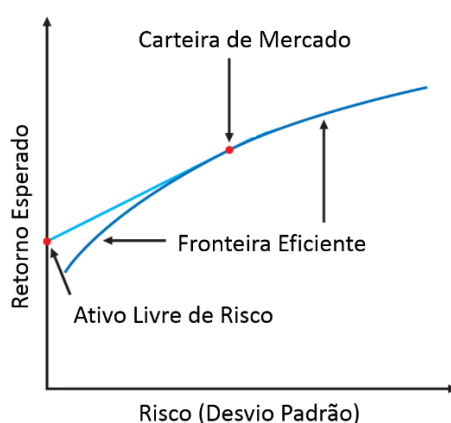
Contudo, quando há a possibilidade de incluir o ativo livre de risco nas carteiras diversificadas, algumas das carteiras formadoras das fronteiras eficientes esboçadas seguindo o procedimento apresentado anteriormente passam a ser dominadas por carteiras contendo o ativo livre de risco.

A reta com origem no ponto de coordenadas (0%, Taxa Livre de Risco) tangencia a fronteira eficiente no ponto em que temos a carteira de ativos de risco com Índice de

Sharpe máximo (o Índice de Sharpe será definido adiante nesta Metodologia). O portfólio no ponto de tangência teoricamente corresponde à carteira de mercado e como tal será, doravante, denominado Carteira de Mercado (CM). Qualquer investidor racional (pelo critério da minimização do risco e maximização do retorno) deveria escolher uma carteira composta pelo ativo livre de risco e/ou pela Carteira de Mercado, de acordo com a sua propensão ao risco.

A figura a seguir ilustra a adição da possibilidade de investimento em um ativo livre de risco e apresenta a reta que tangencia a fronteira eficiente dos ativos de risco quando não há possibilidade de posição “curta”.

Figura 4 - Ilustração do Ativo Livre de Risco e da Carteira de Mercado



Por fim, é importante mencionar que a Carteira de Mercado, por definição, apresenta $\text{Beta}=1$. O Beta é uma medida do risco de mercado (também conhecido como risco sistêmico ou sistemático) e está ligado ao desenvolvimento do modelo Capital Asset Pricing Model – CAPM (Sharpe, 1964).

3.1.2 Testes de média e variância

Com o intuito de verificar se o deslocamento da fronteira eficiente nos cenários sem e com a possibilidade de inclusão do Bitcoin possui significância estatística, realizamos testes conforme a metodologia descrita por Campbell, Lo, e Mackinlay (1997, p. 196) baseada em

Gibbons et al. (1989). Trata-se dos mesmos testes utilizados por Silveira e Barros (2010) para analisar a significância estatística do impacto de contratos futuros agropecuários na eficiência de uma carteira diversificada no mercado brasileiro.

O teste inicia-se com o cálculo da estatística J conforme a equação a seguir:

$$J = \left(\frac{n-i-1}{i} \right) \left(\frac{IS_c^2 - IS_s^2}{1 + IS_s^2} \right) \sim F(i, n-i-1)$$

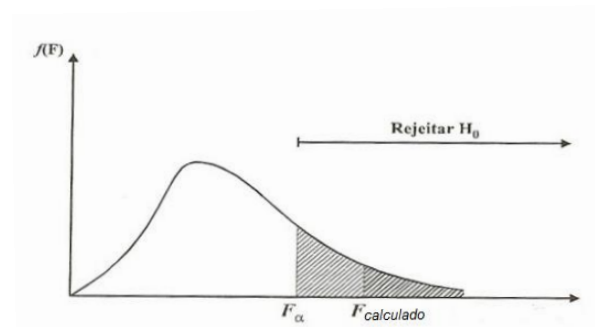
Adaptado de Silveira e Barros (2010).

onde n é o número de observações, i é a quantidade de ativos passíveis de compor a carteira diversificada (incluindo o ativo testado, que é o Bitcoin) e IS_c e IS_s são os Índices de Sharpe dos portfólios com e sem a possibilidade de inclusão do Bitcoin, respectivamente.

A intuição do teste reside no facto de que quanto maior o diferencial dos Índices de Sharpe nos cenários com e sem a possibilidade de inclusão do ativo testado, tanto maior é a probabilidade de que o aumento do valor do indicador de desempenho resultante da inclusão do ativo não tenha ocorrido por mero acaso. Além disso, é importante notar que esta probabilidade é impactada positivamente pelo aumento do número de observações da amostra.

A seguir, com base na distribuição F, realiza-se o teste de hipóteses em que a rejeição da hipótese nula evidencia o aumento da eficiência do portfólio quando há a inclusão do Bitcoin. A não rejeição da hipótese nula, por sua vez, indica a igualdade dos Índices de Sharpe nos cenários com e sem a possibilidade de inclusão do Bitcoin.

Figura 5 - Ilustração do teste baseado na distribuição F



Assim, se o $F_{calculado}$ pela equação anterior for maior do que o F_a estipulado, rejeita-se a hipótese nula H_0 . Alternativamente, pode-se obter o $\alpha_{calculado}$ (que é a área do gráfico correspondente ao $F_{calculado}$) e compará-lo com os α estipulados. No presente trabalho, testamos $\alpha=1\%$, 5% e 10% .

Seguindo a orientação de Hardin e Cheng (2002), ainda conforme adotado por Silveira e Barros (2010), para verificar se a inclusão do Bitcoin resulta em melhora estatisticamente significativa da carteira deve-se realizar o teste para vários pontos das fronteiras eficientes. Assim, optamos por testar pontos baseados no desvio padrão dos ativos e índices individuais utilizados nesse estudo, conforme será detalhado no capítulo “4. Resultados”.

Além disso, em linha com o que é sugerido por Campbell et al. (1997), aplicamos o teste aos pontos correspondentes aos portfólios de tangência nos cenários sem e com a possibilidade de inclusão do Bitcoin (pontos em que os Índices de Sharpe são máximos em cada cenário).

3.1.3 Otimização do desvio padrão e dos Índices de Sharpe, Sortino e Ómega

Utilizando o suplemento Solver do Excel foram feitas simulações iterativas alterando os pesos dos ativos no portfólio para identificar a proporção que conduzia a uma carteira ótima segundo diversos critérios, como minimização do desvio padrão e maximização dos Índice de Sharpe, Sortino e Ómega, conforme adotado por Wu e Pandey (2014).

Após estimar as carteiras ótimas sem a inclusão do Bitcoin, o experimento foi repetido com a possibilidade de inclusão do Bitcoin nas carteiras ótimas. Assim, foi possível verificar se as novas carteiras ótimas incluíram o Bitcoin e se, para cada um dos critérios utilizados, encontraríamos evidências de que elas são mais eficientes do que as suas correspondentes sem Bitcoin.

A minimização do desvio padrão se deu com duas abordagens distintas. Na primeira minimizou-se o desvio padrão total, ao passo que na segunda minimizou-se o risco medido com base somente na componente negativa do desvio padrão (*downside risk*), que é definida como o desvio padrão dos retornos abaixo do retorno mínimo aceitável, que aqui foi estipulado em 0% .

O Índice de Sharpe (Sharpe, 1966), por sua vez, é um dos indicadores mais utilizados para a avaliação de desempenho de fundos e carteiras de investimentos, sendo “extremamente celebrado entre acadêmicos e praticantes do mercado financeiro” (Varga, 2001, p. 221). Ele mede a relação entre o prêmio de risco (retorno médio acima do retorno mínimo aceitável) e o risco (medido pelo desvio padrão), informando a quantidade de retorno esperada por cada unidade de risco assumida. Assim, quanto maior o Índice de Sharpe do fundo ou carteira (desde que positivo), melhor é o seu desempenho.

O Índice de Sortino (Sortino e Price, 1994) é similar ao de Sharpe. Contudo, aqui o risco é medido com base somente na componente negativa do desvio padrão (*downside risk*), que é definida como o desvio padrão dos retornos abaixo do retorno mínimo aceitável. De forma análoga, quanto maior o Índice de Sortino do fundo ou carteira (desde que positivo), melhor é o seu desempenho.

A maximização dos índices de Sharpe e de Sortino são dadas por:

$$\text{Máx} \left[\frac{\mu_p - \text{TLR}}{\sigma_p} \right] \quad \left| \quad \forall p \begin{cases} \sum_i \omega_{pi} = 1 \\ \omega_{pi} \geq 0 \end{cases} \right.$$

onde μ_p é o retorno médio da carteira no período, TLR é a taxa de retorno do ativo livre de risco e σ_p é o desvio padrão (no caso do Índice de Sharpe) ou o desvio-padrão da componente negativa dos desvios dos retornos (no caso do Índice de Sortino). ω_{pi} é o peso do ativo i na carteira, sendo que a soma dos pesos é igual a 1 (o que representa 100% da carteira) e não há pesos negativos (não há posição “curta”).

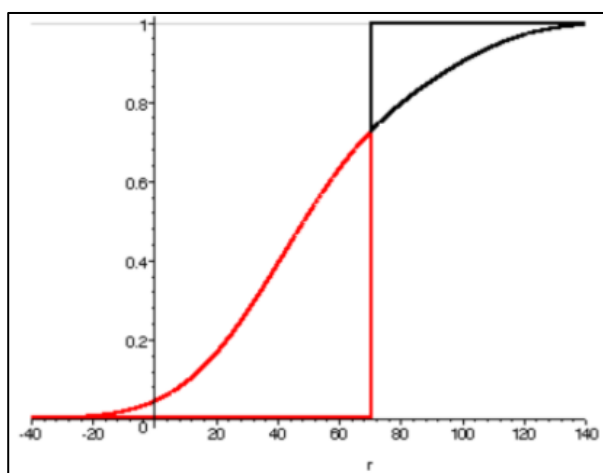
Enquanto os índices de Sharpe e Sortino são derivados da teoria moderna dos portfólios, o Índice Ómega proposto por Keating e Shadwick (2002) pertence à teoria pós-moderna dos portfólios e é baseado na distribuição proporcional dos retornos acima e abaixo do retorno mínimo aceitável de referência “ r ”. Uma das principais vantagens do seu uso pelo investidor é que ele minimiza o potencial de perdas extremas. Assim como nos índices tratados anteriormente, busca-se a maximização do Ómega, que é dada por:

$$\text{Máx} \left[\frac{\int_r^\infty (1-F(x))dx}{\int_{-\infty}^r F(x)dx} \right] \quad \left| \quad \forall p \begin{cases} \sum_i \omega_{pi} = 1 \\ \omega_{pi} \geq 0 \end{cases} \right.$$

onde $F(x)$ é a função de distribuição acumulada traçada com base nas simulações realizadas. Os pesos ω_{pi} seguem as mesmas regras do cálculo dos índices de Sharpe e Sortino explicadas anteriormente.

Graficamente, considerando uma rentabilidade de referência “ r ”, o Índice Ómega é a razão entre a área à direita de “ r ” e acima da curva $F(x)$ (área preta) e a área à esquerda de “ r ” e abaixo de $F(x)$ (área vermelha), conforme a imagem a seguir.

Figura 6 - Representação gráfica do cálculo do Ómega para uma referência “ r ”



Fonte: Extraído de Keating e Shadwick (2002).

Na otimização do Índice Ómega, foram simulados cenários para “ r ” nulo e para “ r ” equivalente à Selic¹⁷ média do período, que é Taxa Livre de Risco do mercado brasileiro.

Assim, para cada um dos critérios detalhados anteriormente, calculamos os pesos dos ativos na carteira que os otimiza. Foram adotados somente pesos positivos nas carteiras (já que a maioria dos investidores de varejo possui somente posições compradas (*long*) e os retornos utilizados foram diários).

Diferentemente da metodologia adotada por Wu e Pandey (2014), que definiu os pesos dos ativos componentes das carteiras ótimas com base em 1.000 simulações, optamos por realizar os cálculos utilizando o suplemento Solver do programa Excel. Além da versatilidade do Excel, seu uso teve o intuito de evitar inconsistências nos resultados, como

¹⁷ Define-se Taxa Selic como a taxa média ajustada dos financiamentos diários apurados no Sistema Especial de Liquidação e de Custódia (Selic) para títulos federais. Para fins de cálculo da taxa, são considerados os financiamentos diários relativos às operações registradas e liquidadas no próprio Selic e em sistemas operados por câmaras ou prestadores de serviços de compensação e de liquidação.

no caso em que o desvio padrão da carteira de risco mínimo calculada por Wu e Pandey (2014) aumenta de 0,30% para 0,37% quando há a mera possibilidade de inclusão de um novo ativo (o Bitcoin).

3.1.4 Estimativa das carteiras ótimas por intervalos trimestrais

Com o intuito de verificar se o Bitcoin seria incluído em carteiras otimizadas em períodos menores do que 5 anos, estimamos a composição das carteiras ótimas para cada um dos 20 trimestres do período analisado. O critério adotado foi o de maximização do Índice Ómega para $r=0$ e as simulações foram realizadas com base nos retornos diários, em linha com o que foi feito por Wu e Pandey (2014).

3.2 Dados

Nesta seção são apresentadas informações sobre os dados utilizados na investigação, como sua origem, caracterização por estatísticas descritivas e matriz de correlações, além de um estudo inicial sobre o preço do Bitcoin no Brasil em relação ao preço de negociação no mercado internacional.

3.2.1 Definição e origem dos dados

Utilizamos dados referentes ao mercado brasileiro no período de 01/07/2013 a 30/06/2018. A limitação temporal refere-se à disponibilidade de dados para o Bitcoin, visto que não há informações confiáveis para o mercado do Brasil em período anterior ao segundo semestre de 2013.

As carteiras estudadas foram compostas pelos principais ativos e índices de ativos acessíveis a um investidor de retalho no mercado brasileiro e, em todos os casos, utilizamos os valores diários de fecho¹⁸.

Em rendimento fixo utilizamos a taxa Selic e o índice IMA-Geral. A Selic é a taxa de referência da economia brasileira e serve de parâmetro, inclusive, para a definição da remuneração dos títulos emitidos pelo Tesouro Nacional. Por esse motivo, adotamos a Selic como sendo a Taxa Livre de Risco no mercado brasileiro. O investidor de varejo pode obter retorno atrelado à taxa Selic investindo, por exemplo, nos títulos Tesouro Selic por meio do programa Tesouro Direto.

O IMA-Geral, por sua vez, é um índice desenvolvido pela Associação Brasileira das Entidades dos Mercados Financeiro e de Capitais - ANBIMA e é composto por uma família de índices de rendimento fixo que representam a dívida pública por meio dos preços a mercado de uma carteira de títulos públicos federais. O investidor de varejo pode obter retorno atrelado ao IMA-Geral aportando capital em fundos de investimento que utilizam o índice como parâmetro de referência.

Optamos por não incluir a Caderneta de Poupança na investigação porque, embora ela seja a aplicação financeira mais conhecida pelos brasileiros¹⁹, o seu risco medido pelo desvio padrão não reflete as condições de mercado, já que sua remuneração básica é definida por lei²⁰. Isso faz com que o seu desvio padrão seja mantido “artificialmente” em um nível baixíssimo, mesmo que o investidor esteja exposto, por exemplo, ao risco do conglomerado financeiro no qual realizou a aplicação para valores acima daquele coberto pelo Fundo Garantidor de Crédito – FGC.

Em rendimento variável foram utilizados os índices Ibovespa e IFIX. O primeiro é o indicador do desempenho médio das cotações dos ativos de maior negociabilidade e representatividade do mercado de ações brasileiro. O segundo é o indicador do

¹⁸ Ao leitor brasileiro: valores diários de “fecho” são os valores diários de “fechamento” das cotações.

¹⁹ Ao leitor português, a Caderneta de Poupança é a aplicação financeira mais conhecida dos brasileiros por conta da sua antiguidade (remonta ao século XIX) e facilidade de uso. Para investir nela é necessário somente abrir uma conta em qualquer banca de retalho. Diferente de outros investimentos, não é necessário abrir conta em uma corretora de valores ou preencher documentos relacionados à adequação da aplicação com o perfil do investidor (*suitability*).

²⁰ Lei nº 8.177, de 01 de março de 1991, artigo 12º.

desempenho médio das cotações dos fundos imobiliários negociados nos mercados de bolsa e de balcão organizado da B3.

O investidor de retalho pode aceder-lhes por meio da aplicação em fundos de investimento convencionais que utilizam o Ibovespa e o IFIX como parâmetro de referência. No caso do Ibovespa, há ainda a opção de investimento em Exchange Traded Funds – ETF, que são fundos negociados na B3 relacionados ao ativo ou índice de referência desejado.

Além disso, incluímos o Ouro e o Dólar Americano entre os ativos passíveis de compor a carteira diversificada. O investidor de varejo pode investir em Ouro, por exemplo, por meio de contratos na B3 (como o OZ1D ou os respectivos contratos fracionários), ao passo que os fundos cambiais são a forma mais comum de se investir em Dólar.

Com relação a investimentos em ações nos Estados Unidos (ou em qualquer outro país estrangeiro), optamos por não os incluir na investigação tendo em vista que o ETF IVVB11, relacionado ao S&P500 e acessível ao investidor de varejo, somente começou a ser negociado no Brasil em 2014. Ademais, o investimento no citado ETF era restrito a investidores com investimentos financeiros superiores a R\$ 1 milhão (cerca de US\$ 300 mil), limitação que foi retirada apenas em 2016. Até então, não havia no Brasil um instrumento para investimento no exterior de fácil acesso ao pequeno investidor.

Para a extração dos dados de preço ou taxa diários de todos os ativos e índices componentes da carteira diversificada e do Bitcoin utilizou-se a plataforma de informações financeiras Economatica. Os dados sobre o criptoativo disponíveis na Economatica são provenientes do Mercado Bitcoin, que é a “bolsa” de Bitcoins com maior histórico de dados do Brasil e que intermediou parcela considerável das negociações de Bitcoin no país durante todo o período em análise.

3.2.2 Estatísticas descritivas

Na tabela a seguir são apresentadas as estatísticas descritivas das variáveis utilizadas na investigação com base nas rentabilidades diárias. Ademais, apresentamos o retorno, desvio padrão e Índice de Sharpe anuais dos ativos e índices.

Nota-se que, qualquer que seja a métrica analisada, o Bitcoin destoa dos valores de todos os outros ativos e índices. Importa observar também que o desvio padrão da Selic é próximo de zero, indicando a adequação de sua utilização como Taxa Livre de Risco.

Tabela 1 - Estatísticas descritivas dos ativos e índices (dados diários)

	Núm. de Observ.	Média	Mediana	Máximo	Mínimo	Desvio Padrão	Retorno (anual)	Desvio Padrão (anual)	Sharpe (anual)
Selic	1239	0,04%	0,04%	0,05%	0,02%	0,01%	11,17%	0,14%	0,00
Bitcoin	1239	0,50%	0,36%	41,29%	-24,32%	5,31%	153,86%	83,55%	1,71
IMA-Geral	1239	0,04%	0,05%	1,96%	-3,67%	0,27%	11,67%	4,20%	0,12
Ibovespa	1239	0,05%	0,03%	6,60%	-8,80%	1,46%	9,03%	23,06%	-0,09
IFIX	1239	0,03%	0,05%	1,75%	-4,86%	0,39%	8,14%	6,11%	-0,50
Dólar	1239	0,05%	0,03%	8,79%	-5,89%	0,95%	11,58%	14,97%	0,03
Ouro	1239	0,05%	0,00%	6,94%	-4,53%	1,30%	11,97%	20,45%	0,04

Tabela elaborada com base nos dados diários de 2013Q3 a 2018Q2.

Por fim, importa mencionar que o Ibovespa apresentou o segundo menor retorno (perdendo somente para o IFIX) e o segundo maior risco (perdendo somente para o Bitcoin). Como consequência deste desempenho ruim no período analisado, as carteiras ótimas simuladas ao longo do estudo não incluíram o índice acionário, exceto por pequenas participações na carteira ótima que maximiza o Ómega para “r” equivalente à taxa Selic média do período no cenário sem Bitcoin e em alguns trimestres na ultima parte da investigação.

3.2.3 Matriz de correlações

O estudo das correlações com base nas rentabilidades diárias complementa a caracterização inicial dos 7 ativos e índices utilizados na investigação, conforme tabela a seguir.

Tabela 2 - Correlações entre os ativos e índices estudados (dados diários)

	Selic	Bitcoin	IMA-Geral	Ibovespa	IFIX	Dólar
Bitcoin	-0,02					
IMA-Geral	0,06	-0,08**				
Ibovespa	0,01	0,03	0,45**			
IFIX	0,09**	-0,03	0,29**	0,26**		
Dólar	-0,03	0,05	-0,39**	-0,35**	-0,28**	
Ouro	-0,02	0,04	-0,36**	-0,34**	-0,14**	0,43**

Nota: ** e * indicam significância estatística de 1% e 5%, respectivamente.

Nota-se, conforme esperado, baixas correlações entre o Bitcoin e os demais ativos e índices, com exceção da inesperada correlação com significância estatística entre o criptoativo e o índice IMA-Geral. Percebe-se também uma correlação estatisticamente significativa dos índices de rendimento variável (Ibovespa e IFIX) entre si e com o Ouro e Dólar.

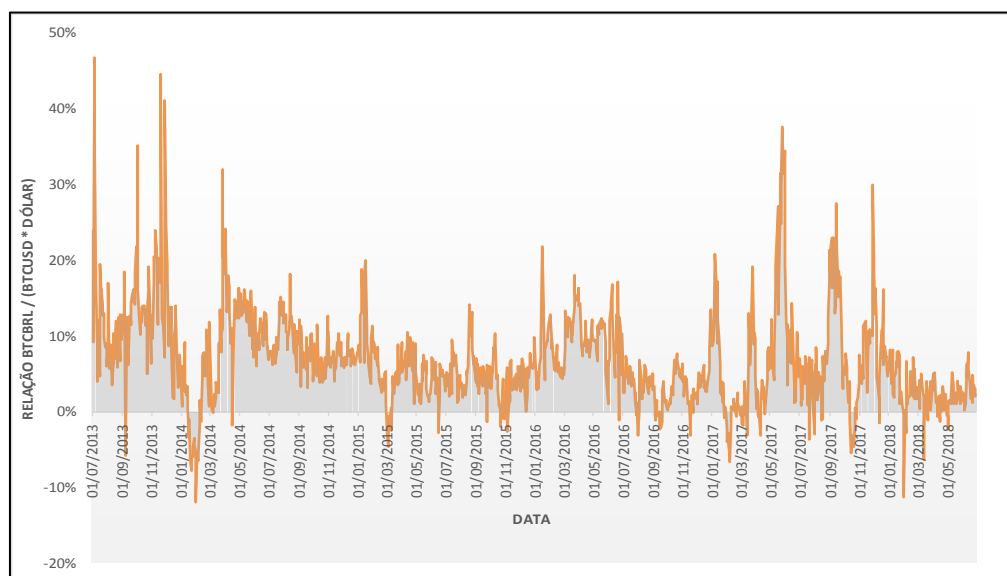
3.2.4 O preço do Bitcoin no Brasil

Tendo em consideração que o Bitcoin é um ativo negociado globalmente, é importante analisar se há distorção significativa entre o preço pelo qual ele é negociado no Brasil e o seu preço no mercado internacional (em Dólares Americanos, baseado no Coindesk Bitcoin Price Index).

O preço do Bitcoin no mercado brasileiro em relação ao preço internacional em Dólares Americanos convertido para o Real utilizando a cotação diária do Dólar Ptax Venda pode ser visualizado no gráfico a seguir.

Visualiza-se que, em média, o preço do Bitcoin negociado no mercado brasileiro apresenta um prêmio em relação ao preço pelo qual é negociado no mercado internacional. O ágio médio dessa relação no período analisado foi de 6,89%, a mediana foi de 6,03% e o desvio padrão foi de 6,34%.

Figura 7 - Preço do BTC no Brasil em relação ao exterior (dados diários)



Sem nos aprofundarmos sobre as razões para tal prêmio, o que foge ao escopo do presente trabalho, vale referir que Viglione (2015, p. 1) investigou “*the effects of social technologies related to governance on cross-country differences in Bitcoin prices*”, tendo encontrado evidências de que “*Investors pay a persistent premium over global prices in countries with less economic freedom, particularly when there exist foreign exchange and capital controls limiting investment freedom*”.

O estudo foi baseado nos dados de 22 países, incluindo o Brasil, extraídos do Heritage Foundation’s Economic Freedom Index. Conforme já mencionado na presente dissertação, o Brasil ocupa a posição 153 de um total de 180 países no citado ranking, estando enquadrado na categoria “*Mostly unfree*” e com pontuação muito próxima à da categoria “*Repressed*” (Heritage Foundation, 2018).

Por fim, importa mencionar que o facto de não haver produção (chamada de mineração) de Bitcoins em volume relevante no Brasil, sobretudo em razão do alto custo da energia elétrica e da elevada carga tributária incidente na importação dos produtos eletrônicos necessários, poderia constituir um fator limitante da oferta local do criptoativo. Possivelmente essa oferta limitada contribui para a existência de um prêmio no preço do Bitcoin no mercado brasileiro.

4. Resultados

Neste capítulo apresentamos os resultados da investigação, incluindo o esboço das fronteiras eficientes, os testes de significância estatística e as estimativas das carteiras ótimas sem e com a possibilidade de inclusão do Bitcoin segundo diversos critérios, de maneira similar ao que foi realizado por Brière et al. (2015) e Wu e Pandey (2014). Todos os cálculos e simulações foram realizados utilizando o programa Excel.

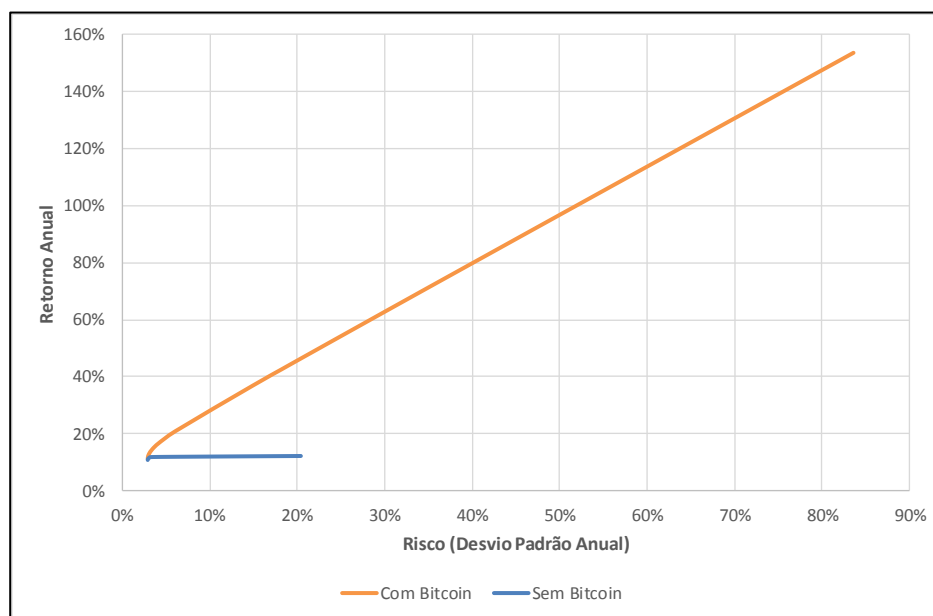
4.1 Fronteiras eficientes sem e com a possibilidade de inclusão do Bitcoin

Inicialmente, utilizando a abordagem proposta por Brière et al. (2015), esboçamos as fronteiras eficientes de Markowitz para os cenários sem e com a possibilidade de inclusão do Bitcoin com o intuito de verificar se encontraríamos curvas distintas. Um deslocamento da curva para cima e/ou para a esquerda no cenário de portfólios com o criptoativo seria uma evidência de que ele poderia aumentar a eficiência da carteira no mercado brasileiro.

O gráfico a seguir apresenta as fronteiras eficientes esboçadas sem e com a possibilidade de inclusão do Bitcoin nas carteiras²¹. Para a sua elaboração, foram utilizados os dados diários dos ativos e índices com risco estudados (sem o ativo livre de risco, a Selic).

²¹ Ver no **Anexo 3** a fronteira eficiente no cenário sem Bitcoin em escala adequada.

Figura 8 - Fronteiras eficientes sem e com possibilidade de inclusão do Bitcoin



De imediato, percebe-se que a fronteira eficiente com a possibilidade de inclusão do Bitcoin domina aquela outra sem a possibilidade de inclusão do criptoativo. Ou seja, para pontos com o mesmo nível de risco, as carteiras com a possibilidade de inclusão do Bitcoin consistentemente resultam em maior retorno do que aquelas em que não há a possibilidade de sua inclusão. Esse comportamento é válido inclusive para os pontos de mínima variância global (pontos mais à esquerda nas curvas), já que eles são próximos, mas não coincidem, conforme detalharemos adiante.

Além disso, as carteiras com Bitcoin alcançam níveis de risco e de retorno que as carteiras sem bitcoin não alcançam. Dessa maneira, além do deslocamento da fronteira eficiente, verificamos que ela se expande, podendo atender os investidores com maior apetite por risco em busca de maiores retornos.

Tanto o deslocamento quanto a expansão da fronteira eficiente são evidências de que o Bitcoin é capaz de aumentar a eficiência da carteira diversificada do investidor brasileiro.

A composição das carteiras de alguns pontos selecionados nas fronteiras eficientes é apresentada na tabela a seguir.

Tabela 3 - Pontos selecionados nas fronteiras eficientes da figura anterior

			Composição da carteira					
	Desvio Padrão	Retorno	Bitcoin	IMA-Geral	Ibovespa	IFIX	Dólar	Ouro
Sem BTC	2,98%	10,95%		64,38%	0,00%	20,49%	10,82%	4,31%
	4,20%	11,73%		80,61%	0,00%	0,00%	0,00%	19,39%
	6,11%	11,77%		68,16%	0,00%	0,00%	0,00%	31,84%
	14,97%	11,90%		25,11%	0,00%	0,00%	0,00%	74,89%
	20,45%	11,97%		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%
Com BTC	2,97%	11,36%	0,29%	64,37%	0,00%	20,36%	10,72%	4,27%
	2,98%	11,80%	0,56%	65,50%	0,00%	19,04%	10,60%	4,30%
	4,20%	16,74%	3,66%	78,41%	0,00%	3,92%	9,32%	4,69%
	6,11%	20,99%	6,54%	80,74%	0,00%	0,00%	8,13%	4,59%
	14,97%	37,05%	17,84%	75,21%	0,00%	0,00%	3,47%	3,48%
	20,45%	46,53%	24,51%	71,94%	0,00%	0,00%	0,71%	2,83%
	30,00%	62,92%	36,04%	63,91%	0,00%	0,00%	0,00%	0,05%
	40,00%	79,97%	48,03%	51,97%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
	50,00%	96,98%	60,00%	40,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
	60,00%	113,97%	71,94%	28,06%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
	70,00%	130,94%	83,88%	16,12%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
	83,52%	153,86%	100,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%

Inicialmente notamos que o Ibovespa não participa das carteiras que compõem a fronteira eficiente. Conforme destacamos anteriormente, isto deve-se ao facto de que o índice acionário teve um desempenho ruim no período analisado, tendo apresentado o segundo menor retorno e o segundo maior risco entre os ativos e índices passíveis de compor os portfólios.

Vale notar também que as carteiras de mínima variância apresentam risco menor do que o ativo de menor risco da carteira. Os riscos mínimos das carteiras sem e com a possibilidade de inclusão do Bitcoin são 2,98% e 2,97% respectivamente, ao passo que o risco do IMA-Geral é 4,20%.

Ademais, verificamos que a inclusão de uma pequena parcela de Bitcoin na carteira diversificada reduziu o seu risco mínimo, ainda que com magnitude limitada (de 2,98% para 2,97%). Observamos ainda que no ponto de risco mínimo da carteira sem a possibilidade de inclusão do Bitcoin (2,98%), a inclusão do Bitcoin elevou o retorno de 10,95% para 11,80%. Trata-se de evidências de que o Bitcoin é capaz de aumentar a eficiência de uma carteira diversificada no mercado brasileiro.

Analisando os pontos com risco de 4,20%, 6,11% e 14,97% (que são os riscos do IMA-Geral, IFIX e Dólar, respectivamente), notamos que os retornos das carteiras diversificadas

são superiores aos retornos dos ativos/índices individuais apresentados na Tabela 1. Além disso, conforme já havíamos ressaltado, os retornos das carteiras com a possibilidade de inclusão do Bitcoin são consideravelmente superiores do que aqueles das carteiras sem a possibilidade de inclusão do Bitcoin (os retornos em cada ponto aumentam de 11,73%, 11,77% e 11,90% para 16,74%, 20,99% e 37,05%, respectivamente).

Por fim, vale notar que os pontos de máximo retorno (pontos à extrema direita das fronteiras eficientes) correspondem a uma carteira composta integralmente pelo ativo de maior retorno. Esses ativos são o Ouro e o Bitcoin nos portfólios sem e com a possibilidade de inclusão do criptoativo, respectivamente.

Quanto à Carteira de Mercado, no caso em que não há a possibilidade de inclusão do Bitcoin ela apresenta desvio padrão de 3,27% e retorno de 11,69%²². No caso da fronteira eficiente formada por carteiras com a possibilidade de inclusão do Bitcoin, a Carteira de Mercado é dada pelo ponto com desvio padrão de 18,24% e retorno de 42,72%²³.

Graficamente, visualizamos na figura a seguir que a Carteira de Mercado com a inclusão do Bitcoin apresenta inclinação consideravelmente superior à da Carteira de Mercado sem o criptoativo²⁴. Essa inclinação, que é dada pela diferença do retorno da Carteira de Mercado com a Taxa Livre de Risco, é chamada de Prémio de Risco do Mercado²⁵.

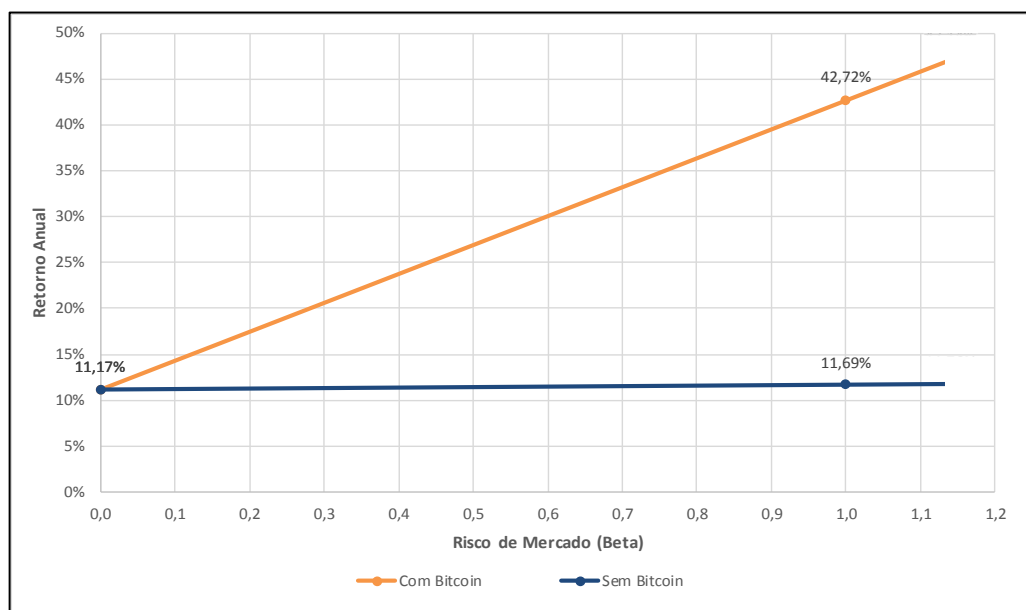
²² Ver **Anexo 4** – Fronteira eficiente com ativo livre de risco e sem Bitcoin.

²³ Ver **Anexo 5** – Trecho da fronteira eficiente com ativo livre de risco e com Bitcoin.

²⁴ Ver no **Anexo 6** o gráfico do Retorno Anual em relação ao Risco de Mercado no cenário sem Bitcoin em escala adequada.

²⁵ Conforme observamos na Figura 9, o Prémio de Risco de Mercado do cenário com Bitcoin é largamente superior ao do cenário sem Bitcoin. De facto, as medidas possuem ordens de grandeza distintas nos dois casos, já que no primeiro cenário o Prémio de Risco de Mercado é cerca de 60 vezes superior ao segundo cenário (os valores do indicador são 0,3155 e 0,0052 em cada caso). Essa situação é explicada pelo crescimento vertiginoso do Bitcoin no período analisado, já que o criptoativo teve o seu preço multiplicado por 105, ao passo que nenhum dos outros ativos aqui estudados teve seu preço sequer multiplicado por 2 no intervalo considerado. No entanto, é importante mencionar que o risco da Carteira de Mercado do cenário com Bitcoin também é largamente superior àquele do cenário sem Bitcoin.

Figura 9 - Retorno Anual em relação ao Risco de Mercado



Sob a ótica do investidor, o aumento do Prêmio de Risco do Mercado indica que, com a existência da possibilidade de investir em Bitcoin (e a consequente possibilidade de obter uma remuneração mais elevada para cada nível de risco), ele poderá exigir uma remuneração maior dos demais produtos de investimento disponíveis no mercado. Sob a ótica das empresas, essa elevação do Prêmio de Risco do Mercado indica um potencial aumento do seu custo de capital.

Portanto, o aumento do retorno da Carteira de Mercado e do Prêmio de Risco do Mercado é uma evidência de que o Bitcoin é capaz de aumentar a eficiência de uma carteira diversificada ao alcance de investidores de retalho no mercado brasileiro.

4.2 Verificação da significância estatística

Para a verificação da significância estatística do deslocamento da fronteira eficiente quando há a inclusão do Bitcoin nas carteiras diversificadas, selecionamos 4 pontos com base no desvio padrão de ativos individuais (IMA-Geral, IFIX, Dólar e Ouro). Os resultados são

apresentados na tabela a seguir para o Índice de Sharpe e número de observações da série em bases mensais, conforme procedimento realizado por Silveira e Barros (2010).

Tabela 4 - Cálculo da significância estatística com base em pontos selecionados

Risco (% a.a.)	Retorno (% a.a.)		Índice de Sharpe (a.a.)		Índice de Sharpe (a.m.)		Estatística J	Significância
	Sem BTC	Com BTC	Sem BTC	Com BTC	Sem BTC	Com BTC		
4,20%	11,73%	16,74%	0,1336	1,3273	0,0386	0,3831	1,2817	0,2816
6,11%	11,77%	20,99%	0,0978	1,6065	0,0282	0,4638	1,8913	0,0995*
14,97%	11,90%	37,05%	0,0485	1,7281	0,0140	0,4988	2,1960	0,0577*
20,45%	11,97%	46,53%	0,0391	1,7291	0,0113	0,4991	2,1993	0,0574*

Número de observações da série (n) = 60 meses.

Número de ativos da carteira (i) = 6.

***, ** e * indicam significância estatística de 1%, 5% e 10%, respectivamente.

Analisando os resultados, notamos que, quando nos afastamos suficientemente das carteiras de mínima variância global (que são pontos quase coincidentes), constatamos que o deslocamento da fronteira eficiente apresenta significância estatística a um nível de 10%, aproximando-se do nível de 5%.

Conforme descrevemos na Metodologia, repetimos o teste de significância estatística utilizando os portfólios de tangência (que são as Carteiras de Mercado) nos cenários sem e com a possibilidade de inclusão do Bitcoin. Analisando o resultado mostrado na tabela a seguir constatamos que o deslocamento dos portfólios de tangência novamente apresenta significância estatística a um nível de 10%, aproximando-se do nível de 5%.

Tabela 5 - Cálculo da significância estatística com base nos portfólios de tangência

	Risco (% a.a.)	Retorno (% a.a.)	Sharpe (a.a.)	Sharpe (a.m.)	Estatística J	Significância
Sem Bitcoin	3,27%	11,69%	0,1585	0,0458		
Com Bitcoin	18,24%	42,72%	1,7296	0,4993	2,1791	0,0595*

Número de observações da série (n) = 60 meses.

Número de ativos da carteira (i) = 6.

***, ** e * indicam significância estatística de 1%, 5% e 10%, respectivamente.

Desse modo, podemos afirmar que há um deslocamento estatisticamente significativo da fronteira eficiente quando incluímos o Bitcoin em uma carteira diversificada no mercado brasileiro, o que evidencia a capacidade do criptoativo em aumentar a eficiência do portfólio do investidor de retalho.

4.3 Carteiras ótimas sem e com a possibilidade de inclusão do Bitcoin

No âmbito do planejamento financeiro pessoal ou familiar, o investidor de varejo poderá formar uma ou mais carteiras de investimentos com diferentes estratégias, como, por exemplo, minimização do risco, maximização do retorno em relação ao risco assumido ou maximização de algum outro parâmetro de referência, como o Índice Ómega.

Nessa etapa verificamos se o Bitcoin é capaz de otimizar o desempenho de uma carteira diversificada no mercado brasileiro segundo diferentes critérios. Para isso, estimamos as carteiras ótimas sem e com a possibilidade de inclusão do Bitcoin para cada um dos critérios investigados.

As carteiras ótimas sem a possibilidade de inclusão do Bitcoin em conjunto com os respectivos indicadores são apresentadas na tabela a seguir.

Tabela 6 - Carteiras ótimas sem o Bitcoin (dados diários)

	Risco Mínimo (DP Total)	Risco Mínimo (Semi-DP)	Sharpe Máximo	Sortino Máximo	Ómega Máximo [0%]	Ómega Máximo [100% Selic]
IMA-Geral	64,38%	66,24%	84,00%	79,59%	75,57%	66,21%
Ibovespa	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	4,29%
IFIX	20,49%	14,08%	0,00%	0,00%	10,73%	0,00%
Dólar	10,82%	12,40%	8,61%	11,07%	10,58%	20,61%
Ouro	4,31%	7,29%	7,39%	9,34%	3,12%	8,90%
Retorno	10,95%	11,19%	11,69%	11,69%	11,29%	11,57%
Desvio Padrão	2,98%	3,11%	3,27%	3,38%	3,07%	3,89%
Semi-DP		2,14%				
Sharpe			0,16			
Sortino				0,23		
Ómega					1,89	1,05
P [perda]	37,32%	38,37%	38,85%	39,90%	36,91%	48,63%

As carteiras ótimas com a possibilidade de inclusão do Bitcoin são mostradas a seguir no mesmo formato para facilitar as comparações.

Tabela 7 - Carteiras ótimas com o Bitcoin (dados diários)

	Risco Mínimo (DP Total)	Risco Mínimo (Semi-DP)	Sharpe Máximo	Sortino Máximo	Ómega Máximo [0%]	Ómega Máximo [100% Selic]
Bitcoin	0,29%	0,52%	21,83%	16,24%	1,43%	29,34%
IMA-Geral	64,37%	65,17%	73,26%	82,70%	73,71%	65,48%
Ibovespa	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
IFIX	20,36%	15,48%	0,00%	0,00%	11,36%	0,00%
Dólar	10,72%	12,89%	1,82%	0,03%	9,89%	5,17%
Ouro	4,27%	5,94%	3,10%	1,02%	3,61%	0,00%
Retorno	11,36%	11,87%	42,72%	34,77%	13,31%	53,39%
Desvio Padrão	2,97%	3,06%	18,24%	13,72%	3,18%	24,46%
Semi-DP		2,13%				
Sharpe			1,73			
Sortino				2,41		
Ómega					1,98	1,32
P [perda]	36,75%	37,32%	41,76%	41,36%	36,67%	44,83%

As duas primeiras colunas das tabelas apresentam os resultados da estimativa das carteiras visando a minimização do risco medido pela volatilidade dos retornos. Comparando as colunas das tabelas, notamos que as carteiras ótimas são compostas majoritariamente pelo IMA-Geral, seguido de participação relevante do IFIX, Dólar e Ouro, independente da utilização do desvio padrão total (DP Total) ou somente da sua componente negativa (Semi-DP) e independente da possibilidade de inclusão do Bitcoin na carteira.

Contudo, no cenário em que há a possibilidade de inclusão do Bitcoin, as carteiras ótimas passam a contar com uma pequena parcela do criptoativo, o que resulta em uma redução (ainda que marginal) do risco total das carteiras.

Os resultados encontrados por Wu e Pandey (2014), por sua vez, também indicaram a predominância de um ativo nas carteiras de mínima variância. Os *Bonds* tiveram participação majoritária em cada um dos cenários analisados, valendo mencionar que as moedas estrangeiras também obtiveram participação relevante em todos os cenários.

As duas colunas centrais das tabelas apresentam as composições das carteiras que maximizam os índices de Sharpe e Sortino. Nelas verifica-se como a adição de Bitcoin na carteira diversificada (com a consequente redução da participação dos outros três ativos/índices componentes do portfólio), otimizou esses indicadores de forma bastante relevante.

Com a inclusão de 21,83% de Bitcoin na carteira, o Índice de Sharpe máximo aumentou de 0,16 para 1,73. Como vimos anteriormente, essas são as Carteiras de Mercado (isto é, as carteiras de tangência) nos cenários sem e com a possibilidade de inclusão do Bitcoin. Com relação à maximização do Índice de Sortino, a adição de 16,24% de Bitcoin na carteira diversificada fez com que o indicador aumentasse de 0,23 para 2,41.

As simulações de Wu e Pandey (2014) maximizando os Índices de Sharpe e Sortino resultaram em carteiras não diversificadas e em aumento do retorno e do risco, sem que os autores indicassem explicitamente as medidas dos indicadores para comparação. Sem a possibilidade de inclusão do Bitcoin, o portfólio simulado era integralmente composto por ações. Já com a possibilidade de inclusão do Bitcoin, o criptoativo passou a representar a totalidade da carteira tanto por Sharpe quanto por Sortino.

Por fim, as duas últimas colunas das tabelas apresentam as composições das carteiras que maximizam o Índice Ómega em dois cenários. Conforme destacado na Metodologia, o primeiro considera um retorno mínimo aceitável de referência $r=0$, conforme adotado por Wu e Pandey (2014), ao passo que o segundo considera um “ r ” equivalente à taxa Selic média do período analisado.

Para $r=0$, o IMA-Geral representou mais de 70% da carteira em ambos os cenários (sem e com a possibilidade de inclusão do Bitcoin), seguido por IFIX, Dólar e Ouro. Verificamos que ao maximizar o Índice Ómega, a inclusão de 1,43% de Bitcoin fez com que ele aumentasse de 1,89 para 1,98, ao passo que a probabilidade de perda foi reduzida de 36,91% para 36,67%.

A probabilidade de perda ($P[\text{perda}]$) é definida como a quantidade de dias em que houve rentabilidade negativa ou menor que a Selic média do período (conforme o “ r ” de referência) em relação à quantidade total de dias analisados.

Ademais, notamos que, ao maximizar Ómega, minimizamos a probabilidade de perda das carteiras otimizadas quando comparadas aos portfólios estimados pelos demais critérios (minimização do desvio padrão e maximização dos Índices de Sharpe e Sortino) nos dois cenários (sem e com Bitcoin). Para o cenário com Bitcoin, por exemplo, a otimização por Ómega resulta em uma probabilidade de perda de 36,67%, ao passo que esse valor é de 36,75%, 37,32%, 41,76% e 41,36% nos demais critérios.

Utilizando a mesma condição ($r=0$), Wu e Pandey (2014) obtiveram portfólios diversificados nos cenários sem e com a possibilidade de inclusão do Bitcoin. Nos dois casos, a maior parcela da carteira seria formada por *Bonds* e moedas estrangeiras, seguidos pelo Bitcoin quando permitido.

Com o intuito de enriquecer o presente trabalho, estimamos as carteiras ótimas para um cenário em que “ r ” é equivalente à taxa Selic média do período. Alternativamente, o parâmetro de referência “ r ” adotado poderia ser, por exemplo, a taxa de inflação ou a taxa do Certificado de Depósito Interbancário – CDI.

Quando não há a possibilidade de inclusão do Bitcoin, a maior parcela da carteira ainda é composta por IMA-Geral, seguida por Dólar, Ouro e Ibovespa. Quando há a possibilidade de inclusão do Bitcoin, a supremacia do IMA-Geral é balanceada com participação de 29,34% do criptoativo. A presença do Bitcoin na carteira fez com que o Índice Ómega máximo aumentasse de 1,05 para 1,32. A probabilidade de perda, por sua vez, foi reduzida de 48,63% para 44,83%.

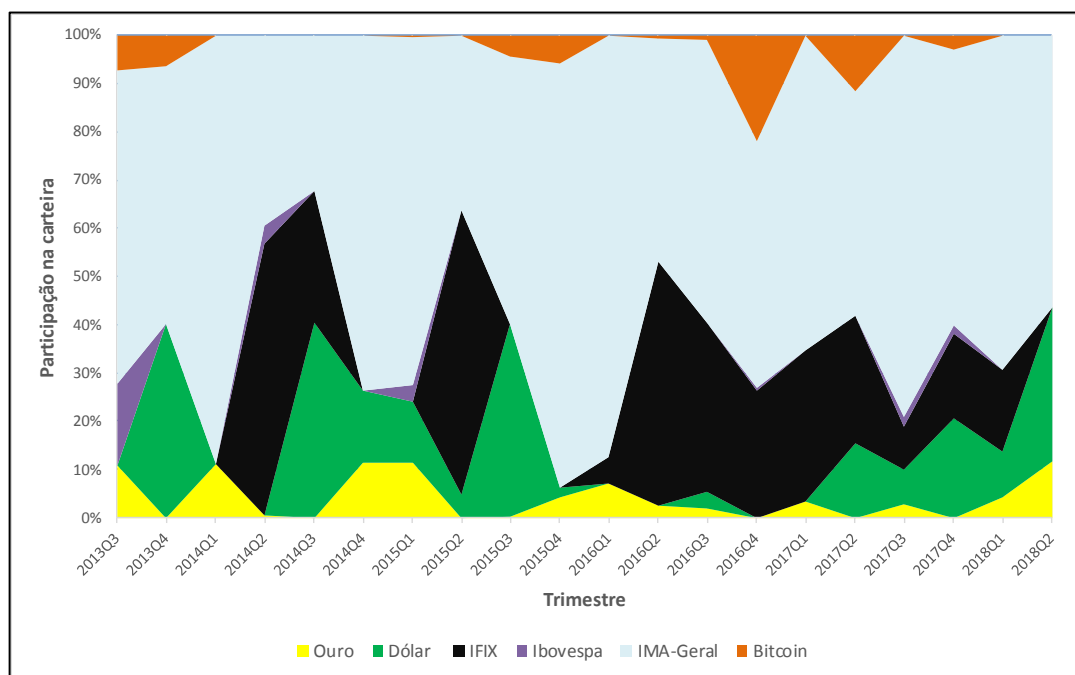
Por fim, importa mencionar que a melhora dos diversos indicadores tratados nessa seção provocada pela inclusão do Bitcoin constitui evidência de que ele é capaz de aumentar a eficiência de uma carteira diversificada no mercado brasileiro.

4.4 Carteiras ótimas trimestrais

Nessa etapa da investigação foram estimadas as carteiras ótimas em cada trimestre com a possibilidade de inclusão do Bitcoin segundo o critério de maximização do Índice Ómega. Conforme já destacado na Metodologia, esse estudo foi baseado nas rentabilidades diárias dos ativos e índices e, em linha com o que foi realizado por Wu e Pandey (2014), utilizamos $r=0$. O gráfico a seguir apresenta as carteiras ótimas trimestrais²⁶.

²⁶ Ver **Anexo 7** – Composição das carteiras ótimas por intervalos trimestrais.

Figura 10 - Carteiras de Ómega máximo para $r=0$ (dados diários)



Observamos que o Bitcoin é incluído na carteira ótima em diversos períodos, notadamente nos segundos semestres de 2013, 2015 e 2016 e no segundo e quarto trimestres de 2017. Trata-se de mais uma evidência de que o Bitcoin é capaz de melhorar o desempenho de uma carteira diversificada no mercado brasileiro.

Por fim, é interessante mencionar que a carteira otimizada por intervalos trimestrais apresenta maior equilíbrio entre os diversos ativos e índices componentes do que a carteira estimada para todo o período de 20 trimestres, conforme apresentado na **Erro! Fonte de referência não encontrada.** (quinta coluna). Além disso, a otimização baseada em períodos mais curtos possibilitou o aumento do Ómega de 1,98 (ver Tabela 7) para uma média de 4,18.

A média e a mediana das participações dos ativos e índices componentes das carteiras ótimas da figura anterior e do Índice Ómega são apresentadas na tabela a seguir.

Tabela 8 - Média e mediana das carteiras ótimas trimestrais e do Ómega

	Média	Mediana
Bitcoin	3,14%	0,30%
IMA-Geral	61,08%	57,82%
Ibovespa	1,40%	0,00%
IFIX	18,05%	12,85%
Dólar	12,13%	6,01%
Ouro	4,19%	2,61%
Soma	100%	80%
Ómega	4,18	3,60

Contudo, a ordem de participação de cada ativo ou índice na carteira diversificada não é alterada, seja a otimização feita para todo o período de 5 anos ou por intervalos trimestrais. A ordem decrescente da participação dos ativos/índices nas carteiras diversificadas foi: IMA-Geral, IFIX, Dólar, Ouro, Bitcoin e Ibovespa.

Os resultados apresentados nessa seção evidenciam que o Bitcoin é capaz de aumentar o desempenho de uma carteira de investimentos tanto para períodos longos (5 anos) quanto para períodos curtos (base trimestral).

5. Conclusões

Em linha com os resultados alcançados por Wu e Pandey (2014) e Brière et al. (2015) com relação ao mercado dos Estados Unidos para o período de 2010 a 2013, encontramos evidência de que o Bitcoin seria capaz de aumentar a eficiência da carteira diversificada de investimentos de um investidor de retalho no mercado brasileiro de 2013Q3 a 2018Q2.

Inicialmente, cabe avaliar a eficiência da carteira com base na teoria moderna dos portfólios, que define o portfólio eficiente como aquele capaz de oferecer o maior retorno esperado possível para um dado nível de risco ou, de maneira análoga, aquele capaz de oferecer o menor risco possível para um dado nível de retorno esperado.

Nesse sentido, a principal evidência de que o Bitcoin é capaz de aumentar a eficiência de uma carteira diversificada no mercado brasileiro refere-se ao deslocamento positivo da fronteira eficiente quando há participação do criptoativo no portfólio em relação ao cenário sem ele. O referido deslocamento possui significância estatística e está em linha com os resultados encontrados por Brière et al. (2015). Ademais, vale lembrar que, além do deslocamento positivo, houve expansão da fronteira eficiente com a inclusão do Bitcoin.

Podemos adotar, é claro, uma definição ampliada do conceito de eficiência de uma carteira. Assim, aumentar a eficiência do portfólio estaria relacionado à melhoria de um indicador de desempenho adequado e amplamente reconhecido como legítimo. Nesse sentido, o deslocamento positivo da fronteira eficiente no cenário com Bitcoin resultou em aumento expressivo do retorno da Carteira de Mercado e do Prémio de Risco do Mercado, o que também é uma evidência da capacidade do criptoativo de aumentar a eficiência do portfólio.

De maneira similar, as simulações de carteiras ótimas sem e com a possibilidade de inclusão do Bitcoin mostraram que a adição de uma parcela de Bitcoin, ainda que pequena em alguns casos, melhorou todos os indicadores que se desejava otimizar, como o desvio padrão e os Índices de Sharpe, de Sortino e Ómega. Além disso, a otimização por intervalos trimestrais indicou que o Bitcoin compôs a carteira ótima em vários trimestres, aumentando o Índice Ómega de referência de desempenho. Esses resultados também são

evidências do potencial do Bitcoin de aumentar a eficiência da carteira de investimentos e estão alinhados com aqueles encontrados por Wu e Pandey (2014).

Conforme apontado na revisão de literatura do presente trabalho, diversos autores sugeriram que a capacidade do Bitcoin de aumentar a eficiência da carteira possivelmente se deve à ausência de correlação do criptoativo com os ativos do mercado financeiro tradicional. Nesse sentido, importa citar que verificamos, de uma maneira geral, a existência de baixa correlação do Bitcoin com ativos e índices do mercado brasileiro.

Além disso, diante das evidências de alteração da Carteira de Mercado e do aumento do Prêmio de Risco do Mercado, conforme calculado, é razoável supor que o custo de capital das empresas brasileiras poderá aumentar caso a adesão ao investimento no criptoativo continue crescendo e ele mantenha um bom desempenho como aquele observado nos últimos anos, constituindo um novo desafio para o desenvolvimento do mercado de capitais no Brasil. Assim, este cenário poderá merecer atenção de entes públicos como a CVM e o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES).

A presente investigação, que trata da etapa de gestão de investimentos do planejamento financeiro pessoal ou familiar, traz pistas para futuras investigações sobre como o Bitcoin interage com as outras etapas do planejamento financeiro no Brasil. Como exemplo, pode-se estudar o uso do criptoativo na gestão financeira (como o criptoativo se comportaria como ferramenta para otimização do orçamento familiar?), gestão tributária (há oportunidades para ganhos tributários na utilização do Bitcoin?), gestão de riscos (o Bitcoin é capaz de reduzir ou eliminar algum risco que ameaça as famílias?), gestão de aposentadoria (faz sentido pensar no Bitcoin no longo prazo?) e gestão sucessória (o Bitcoin é uma ferramenta eficiente para a transmissão de patrimônio?).

Outra linha de investigação interessante diz respeito ao comportamento de investidores com diferentes apetites ao risco (conservador, moderado e agressivo) diante do investimento em Bitcoin. Por exemplo, os resultados da Tabela 7 sugerem que, mesmo aquele investidor que busca minimizar os riscos ou a probabilidade de perdas na sua carteira, poderia se beneficiar da inclusão de uma pequena parcela de Bitcoin em seu portfólio. Como os diferentes perfis de investidores encarariam essa “sugestão de investimento”, já que sabemos que a redução do desvio padrão de uma carteira ativos em

relação ao risco dos ativos individuais é um conceito não intuitivo para a maioria das pessoas?

Além disso, entendemos que seria interessante investigar em profundidade e de forma mais exaustiva as razões para a existência do prêmio de preço do Bitcoin no Brasil em relação ao mercado internacional, conforme identificado no presente trabalho.

Por fim, vale dizer que esta dissertação enfrentou uma limitação relevante relativa à disponibilidade dos preços diários de negociação do Bitcoin. Conforme já mencionamos, não há informações confiáveis para o mercado brasileiro em período anterior ao segundo semestre de 2013, pelo que a presente investigação ficou restrita ao período de 5 anos. Idealmente precisaríamos de uma amplitude temporal mais alargada, principalmente porque o estudo inclui ativos/índices de rendimento variável, o que possivelmente evitaria a penalização do Ibovespa na composição das carteiras ótimas simuladas.

6. Referências bibliográficas

- Aggarwal, S., Santosh, M., e Bedi, P. (2018). Bitcoin and portfolio diversification: Evidence from India. In Kar A., Sinha S., e Gupta M. (Eds.), *Digital India. Advances in theory and practice of emerging markets* (pp. 99-115). doi:10.1007/978-3-319-78378-9_6
- Baek, C., e Elbeck, M. (2015). Bitcoins as an investment or speculative vehicle? A first look. *Applied Economics Letters*, 22(1), 30-34. doi:10.1080/13504851.2014.916379
- Banco Central do Brasil. (2017). *Comunicado nº 31.379*. Disponível em <http://www.bcb.gov.br/pre/normativos/busca/normativo.asp?numero=31379&tipo=Comunicado&data=16/11/2017>
- Barro, R. J. (1979). Money and the price level under the gold standard. *Economic Journal*, 89(353), 13-33. doi:10.2307/2231404
- Baur, D. G., e Lucey, B. M. (2010). Is gold a hedge or a safe haven? An analysis of stocks, bonds and gold. *Financial Review*, 45(2), 217-229. doi:10.1111/j.1540-6288.2010.00244.x
- Bitcoinfees. (2018). Bitcoin transaction fees. Disponível em <https://bitcoinfees.info/>
- BitValor. (2018). Histórico. Disponível em <http://bitvalor.com/historico>
- Bloomberg. (2014). Bitcoin now on Bloomberg. Disponível em <https://www.bloomberg.com/company/announcements/bitcoin-now-bloomberg/>
- Böhme, R., Christin, N., Edelman, B., e Moore, T. (2015). Bitcoin: Economics, technology, and governance. *Journal of Economic Perspectives*, 29(2), 213-238. doi:10.1257/jep.29.2.213
- Bouoiyour, J., Selmi, R., Tiwari, A. K., e Olayeni, O. R. (2016). What drives Bitcoin price? *Economics Bulletin*, 36(2), 843-850. Disponível em <http://www.accessecon.com/Pubs/EB/2016/Volume36/EB-16-V36-I2-P82.pdf>
- Bouri, E., Molnár, P., Azzi, G., Roubaud, D., e Hagfors, L. I. (2017). On the hedge and safe haven properties of Bitcoin: Is it really more than a diversifier? *Finance Research Letters*, 20, 192-198. doi:10.1016/j.frl.2016.09.025
- Boyapati, V. (2018). The bullish case for Bitcoin. Disponível em <https://medium.com/@vijayboyapati/the-bullish-case-for-bitcoin-6ecc8bdecc1>

- Brière, M., Oosterlinck, K., e Szafarz, A. (2015). Virtual currency, tangible return: Portfolio diversification with bitcoin. *Journal of Asset Management*, 16(6), 365-373.
doi:10.1057/jam.2015.5
- Caldeira, J. F., Moura, G. V., Santos, A. A. P., e Tessari, C. (2014). Seleção de carteiras com modelos fatoriais heterocedásticos: Aplicação para fundos de fundos multimercados. *Revista de Administração Mackenzie*, 15(2), 127-161.
doi:10.1590/S1678-69712014000200006
- Campbell, J. Y., Lo, A. W., e Mackinlay, A. C. (1997). *The econometrics of financial markets*. Princeton, New Jersey: Princeton University Press.
- Chen, J. M. (2016). *Postmodern portfolio theory: Navigating abnormal markets and investor behavior*. Basingstoke, England: Palgrave Macmillan.
- Chicago Board Options Exchange - Cboe. (2017). Cboe Bitcoin futures (XBT) close first day of trading. Disponível em <http://ir.cboe.com/~media/Files/C/CBOE-IR-V2/press-release/2017/cboe-bitcoin-futures-end-first-day-with-volume-of-more-than-4000.pdf>
- Chicago Mercantile Exchange - CME. (2017). CME Bitcoin futures - Frequently asked questions. Disponível em <https://www.cmegroup.com/education/bitcoin/cme-bitcoin-futures-frequently-asked-questions.html>
- Ciaian, P., Rajcaniova, M., e Kancs, D. (2016). The economics of Bitcoin price formation. *Applied Economics*, 48(19), 1799-1815. doi:10.1080/00036846.2015.1109038
- Coinbase e ARK Invest. (2017). *Bitcoin: Ringing the bell for a new asset class*. Disponível em http://research.ark-invest.com/hubfs/1_Download_Files_ARK-Invest/White_Papers/Bitcoin-Ringing-The-Bell-For-A-New-Asset-Class.pdf
- Coindesk. (2017). *State of Blockchain Q2 2017*. Disponível em https://media.coindesk.com/uploads/2017/09/state_of_blockchain_q2_2017.pdf
- CoinMarketCap. (2018). 24 hour volume rankings (exchange). Disponível em <https://coinmarketcap.com/exchanges/volume/24-hour/all/>
- Comissão de Valores Mobiliários. (2014). *Guia CVM de planejamento financeiro*. Disponível em http://www.investidor.gov.br/portaldoinvestidor/export/sites/portaldoinvestidor/guiafinanceiro/GUIA_planejamento_financeiro.pdf
- Comissão de Valores Mobiliários. (2017a). *Análise de investimentos: Histórico, principais ferramentas e mudanças conceituais para o futuro*. Disponível em

- http://www.investidor.gov.br/portaldoinvestidor/export/sites/portaldoinvestidor/publicacao/Livro/livro_TOP_analise_investimentos.pdf
- Comissão de Valores Mobiliários. (2017b). Nota da CVM a respeito das Initial Coin Offerings (ICOs). Disponível em <http://www.cvm.gov.br/noticias/arquivos/2017/20171011-1.html>
- Comissão de Valores Mobiliários. (2018). *Criptoativos*. Disponível em http://www.investidor.gov.br/portaldoinvestidor/export/sites/portaldoinvestidor/publicacao/Alertas/alerta_CVM_CRIPTOATIVOS_10052018.pdf
- Commodity Futures Trading Commission. (2015). *CFTC Docket No. 15-29*. Disponível em <http://www.cftc.gov/idc/groups/public/@lrenforcementactions/documents/legalepleading/enfcoinfliprorder09172015.pdf>
- Commodity Futures Trading Commission. (2017). *Press Release 7584-17*. Disponível em <https://www.cftc.gov/PressRoom/PressReleases/pr7584-17>
- Corbet, S., Meegan, A., Larkin, C., Lucey, B., e Yarovaya, L. (2018). Exploring the dynamic relationships between cryptocurrencies and other financial assets. *Economics Letters*, 165, 28-34. doi:10.1016/j.econlet.2018.01.004
- Cuen, L. (2018). Volumes surge on Turkey's crypto exchanges as lira tanks. *Coindesk*. Disponível em <https://www.coindesk.com/turkey-crypto-exchanges-bitcoin-lira/>
- Cunha, F. A. F. S., e Samanez, C. P. (2014). Análise de desempenho dos investimentos sustentáveis no mercado acionário brasileiro. *Production*, 24(2), 420-434. doi:10.1590/S0103-65132013005000054
- De Filippi, P., e Loveluck, B. (2016). The invisible politics of Bitcoin: Governance crisis of a decentralised infrastructure. *Internet Policy Review*, 5(3), 1-28. doi:10.14763/2016.3.427
- Dyhrberg, A. H. (2016). Bitcoin, gold and the dollar - A GARCH volatility analysis. *Finance Research Letters*, 16, 85-92. doi:10.1016/j.frl.2015.10.008
- European Central Bank. (2015). *Virtual currency schemes – A further analysis*. Disponível em <https://www.ecb.europa.eu/pub/pdf/other/virtualcurrencyschemesen.pdf>
- ExchangeWar. (2018). Página principal. Disponível em <https://exchangewar.info/>
- Farrell, M. (2013). Bitcoin prices surge post-Cyprus bailout. *CNN Money*. Disponível em <https://money.cnn.com/2013/03/28/investing/bitcoin-cyprus/index.html>

- Fonseca, M. (2017). Corretoras de bitcoin crescem até 1.400% no faturamento em 2017. *Exame*. Disponível em <https://exame.abril.com.br/pme/corretoras-de-bitcoin-crescem-ate-1-400-no-faturamento-em-2017/>
- Gasser, S., Eisl, A., e Weinmayer, K. (2015). *Caveat emptor: Does Bitcoin improve portfolio diversification?* Disponível em <https://epub.wu.ac.at/4674/1/SSRN-id2408997.pdf>
- Gibbons, M. R., Ross, S. A., e Shanken, J. (1989). Test of the efficiency of a given portfolio. *Econometrica*, 57, 279-295. doi:10.2307/1913625
- Glaser, F., Zimmermann, K., Haferkorn, M., Weber, M., e Siering, M. (2014). *Bitcoin - asset or currency? Revealing users' hidden intentions*. Paper presented at the European Conference on Information Systems, Tel Aviv.
- Guimarães, F. (2018). Investidor em bitcoin se aproxima do total do Tesouro Direto. *Exame*. Disponível em <https://exame.abril.com.br/seu-dinheiro/investidor-em-bitcoin-se-aproxima-do-total-do-tesouro-direto/>
- Hardin, W. G., e Cheng, P. (2002). Farmland investment under conditions of certainty and uncertainty. *Journal of Real Estate Finance and Economics*, 25(1), 81-98. doi:10.1023/A:1015376818630
- Heritage Foundation. (2018). *2018 index of economic freedom*. Disponível em <https://www.heritage.org/index/pdf/2018/book/highlights.pdf>
- Hong, K. H. (2017). Bitcoin as an alternative investment vehicle. *Information Technology and Management*, 18(4), 265-275. doi:10.1007/s10799-016-0264-6
- Internal Revenue Service. (2014). *Notice 2014-21*. Disponível em <https://www.irs.gov/pub/irs-drop/n-14-21.pdf>
- International Monetary Fund. (2013). *IMF country report No. 13/313 - Brazil - Selected issues*. Disponível em <https://www.imf.org/external/pubs/ft/scr/2013/cr13313.pdf>
- International Monetary Fund. (2016). *Virtual currencies and beyond: Initial considerations*. Disponível em <https://www.imf.org/external/pubs/ft/sdn/2016/sdn1603.pdf>
- James, H. (2018). Lucre's allure. *Finance and Development - A Quarterly Publication of the International Monetary Fund*, 55(2), 17-19. Disponível em <https://www.imf.org/external/pubs/ft/fandd/2018/06/pdf/fd0618.pdf>
- Kashyap, K. (2016). India's demonetization is causing Bitcoin to surge inside the country. *Forbes*. Disponível em <https://www.forbes.com/sites/krnkashyap/2016/12/22/indias-demonetization-is-causing-bitcoin-to-surge-inside-the-country/#2b6b15757dfc>

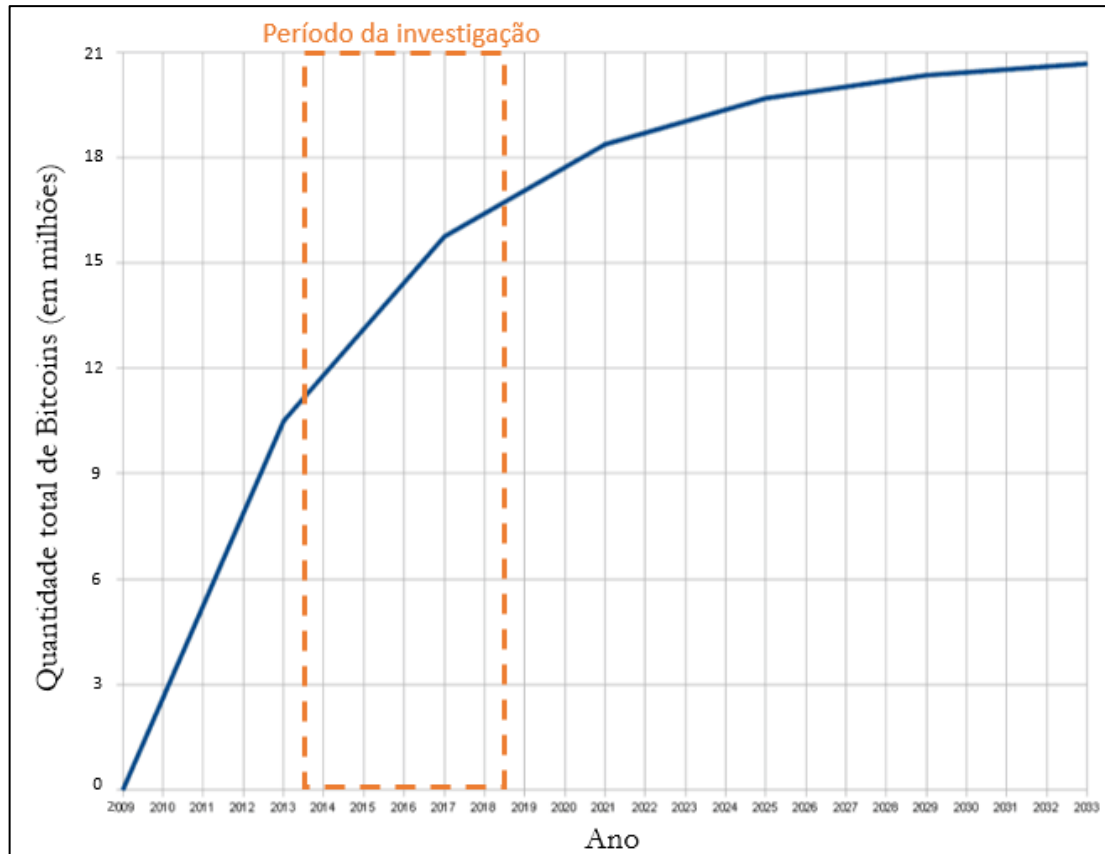
- Keating, C., e Shadwick, W. F. (2002). A universal performance measure. *Journal of Performance Measurement*, 6(3), 59-85. Disponível em https://www.researchgate.net/publication/228550687_A_Universal_Performance_Measure
- Law Library of Congress. (2018). *Regulation of cryptocurrency around the world*. Disponível em <https://www.loc.gov/law/help/cryptocurrency/regulation-of-cryptocurrency.pdf>
- Liew, J. K. S., e Hewlett, L. (2017). *The case for Bitcoin for institutional investors: Bubble investing or fundamentally sound?* Disponível em https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3082808
- Lopes, A. B., e Furtado, C. V. (2006). Private equity na carteira de investimentos das entidades de previdência privada. *Revista Contabilidade & Finanças*, 17(n.spe2), 108-126. Disponível em http://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/bitstream/handle/10438/13481/alexandro_claudio_pg108a126.pdf
- Markowitz, H. (1952). Portfolio selection. *Journal of Finance*, 7(1), 77-91. doi:10.1111/j.1540-6261.1952.tb01525.x
- McIngvale, S. (2018). Coinbase custody is officially open for business. *Coinbase*. Disponível em <https://blog.coinbase.com/coinbase-custody-is-officially-open-for-business-182c297d65d9>
- Nakamoto, S. (2008a). Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash system. *Bitcoin.org*. Disponível em <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>
- Nakamoto, S. (2008b). Bitcoin P2P e-cash paper. Disponível em <https://www.mail-archive.com/cryptography@metzdowd.com/msg09959.html>
- Oliveira, M. A. C. d., e Silva, L. S. A. d. (2009). A inclusão de ações da América Latina sob o ponto de vista do investidor brasileiro: Inferências sobre os pesos na fronteira eficiente. *Gestão & Produção*, 16(2), 325-332. Disponível em <http://www.scielo.br/pdf/gp/v16n2/v16n2a14>
- Organisation for Economic Cooperation and Development. (2015). *Results from PISA 2015 - Financial literacy - Country note - Brazil*. Disponível em <https://www.oecd.org/pisa/PISA-2105-Financial-Literacy-Brazil.pdf>
- Pieters, G., e Vivanco, S. (2017). Financial regulations and price inconsistencies across Bitcoin markets. *Information Economics and Policy*, 39, 1-14. doi:10.1016/j.infoecopol.2017.02.002

- Popper, N. (2015). Can Bitcoin conquer Argentina? *New York Times*. Disponível em <https://www.nytimes.com/2015/05/03/magazine/how-bitcoin-is-disrupting-argentinas-economy.html>
- Ratner, M., e Chiu, C. C. (2013). Hedging stock sector risk with credit default swaps. *International Review of Financial Analysis*, 30, 18-25. doi:10.1016/j.irfa.2013.05.001
- Receita Federal do Brasil. (2017). Imposto sobre a renda da pessoa física - IRPF - Perguntas e respostas. Disponível em <https://idg.receita.fazenda.gov.br/interface/cidadao/irpf/2017/perguntao/pir-pf-2017-perguntas-e-respostas-versao-1-1-03032017.pdf>
- Rooney, K. (2018). Bitwise joins the race to launch SEC-regulated cryptocurrency ETF. *CNBC*. Disponível em <https://www.cnbc.com/2018/07/24/bitwise-joins-the-race-to-launch-sec-regulated-cryptocurrency-etf.html>
- Rosenfeld, E. (2015). Greek crisis stokes Bitcoin prices higher. *CNBC*. Disponível em <https://www.cnbc.com/2015/06/29/greek-crisis-stokes-bitcoin-prices-higher.html>
- Sharpe, W. F. (1964). Capital asset prices: A theory of market equilibrium under conditions of risk. *Journal of Finance*, 19(3), 425-442. doi:10.2307/2977928
- Sharpe, W. F. (1966). Mutual fund performance. *Journal of Business*, 39(1), 119-138. doi:10.1086/294846
- Silveira, R. L. F. d., e Barros, G. S. A. d. C. (2010). Uma análise da alocação de contratos futuros sobre commodities em portfólios diversificados. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 48(1), 195-222. doi:10.1590/S0103-20032010000100009
- Sortino, F. A., e Price, L. N. (1994). Performance measurement in a downside risk framework. *Journal of Investing*, 3(3), 59-64. doi:10.3905/joi.3.3.59
- Transparência Internacional. (2018). *Índice de percepção da corrupção - 2017*. Disponível em <https://www.ipc.transparenciainternacional.org.br/>
- Urban, R. (2017). Bitcoin is the new crisis currency. *Bloomberg*. Disponível em <https://www.bloomberg.com/news/articles/2017-11-17/bitcoin-emerges-as-crisis-currency-in-hotspots-such-as-zimbabwe>
- Varga, G. (2001). Índice de Sharpe e outros indicadores de performance aplicados a fundos de ações brasileiros. *Revista de Administração Contemporânea*, 5(3), 215-245. doi:10.1590/S1415-65552001000300011
- Viglione, R. (2015). *Does governance have a role in pricing? Cross-country evidence from Bitcoin markets*. Disponível em <https://ssrn.com/abstract=2666243>

- Vigna, P. (2017). The race is on for a Bitcoin ETF. *Wall Street Journal*. Disponível em <https://www.wsj.com/articles/the-race-is-on-for-a-bitcoin-etf-1484919815>
- Voge, C. (2018). Where could Bitcoin succeed as a currency? In a failed state. *Wired*. Disponível em <https://www.wired.com/story/where-could-bitcoin-succeed-as-a-currency-in-a-failed-state/>
- Wallace, B. (2011). The rise and fall of Bitcoin. *Wired*. Disponível em https://www.wired.com/2011/11/mf_bitcoin/
- Wildau, G. (2017). China probes Bitcoin exchanges amid capital flight fears. *Financial Times*. Disponível em <https://www.ft.com/content/bad16a88-d6fd-11e6-944b-e7eb37a6aa8e>
- Wu, C. Y., e Pandey, V. K. (2014). The value of Bitcoin in enhancing the efficiency of an investor's portfolio. *Journal of Financial Planning*, 27(9), 44-52. Disponível em https://www.researchgate.net/profile/Vivek_Pandey30/publication/280883667_The_value_of_Bitcoin_in_enhancing_the_efficiency_of_an_investor's_portfolio/links/55ca6d5b08aea2d9bdcc00d4.pdf
- Yermack, D. (2015). Is Bitcoin a real currency? An economic appraisal. *Handbook of Digital Currency*, 31-43. doi:10.1016/B978-0-12-802117-0.00002-3

Anexos

Anexo 1: Quantidade total de Bitcoins (em milhões de Bitcoins)



Fonte: Adaptado pelo autor.

Anexo 2: Perfil dos participantes do grupo Bitcoin Brasil no Facebook



Fonte: Administrador do grupo Bitcoin Brasil no Facebook (janeiro de 2018).

Anexo 3: Estudos sobre o impacto do Bitcoin na carteira do investidor no exterior

Autores (Ano)	Período da amostra	País/Região	Metodologia	Principais resultados
Brière et al. (2015)	2010-2013	Estados Unidos	<p>Comparação das fronteiras eficientes dos portfólios sem e com a possibilidade de inclusão do Bitcoin;</p> <p>Realização de <i>spanning tests</i> de média e variância.</p>	<p>Portfólios com Bitcoin apresentam uma relação rentabilidade-risco superior às carteiras similares sem Bitcoin;</p> <p>Mesmo para investidores com aversão ao risco moderada, a inclusão do Bitcoin na carteira pode levar a ganhos financeiros substanciais;</p> <p>Uma pequena parcela de Bitcoin pode ser seriamente danosa para o investidor na ocorrência de cenários negativos extremos.</p>
Wu e Pandey (2014)	2010-2013	Estados Unidos	<p>Otimização de diversos parâmetros (como desvio padrão e Índices de Sharpe, Sortino e Ómega);</p> <p>Simulação de 1.000 portfólios com pesos aleatórios.</p>	<p>A inclusão do Bitcoin em uma carteira de investimentos no período em questão aumentaria o seu retorno e reduziria o seu risco de perdas;</p> <p>O Bitcoin tem o potencial de melhorar o desempenho da carteira mesmo em cenários pessimistas.</p>

Autores (Ano)	Período da amostra	País/Região	Metodologia	Principais resultados
Gasser et al. (2015)	2010-2015	Estados Unidos	Valor em Risco Condicional (<i>Conditional Value-at-Risk</i>).	O Bitcoin seria capaz de otimizar a carteira de investimentos, já que o aumento do risco do portfólio proveniente da inclusão do criptoativo seria compensado pelo aumento de rentabilidade.
Aggarwal et al. (2018)	2010-2016	Índia	Valor em Risco Condicional (<i>Conditional Value-at-Risk</i>).	O Bitcoin aumentaria a eficiência do portfólio em duas (“ <i>long only</i> ” e “ <i>equally weighted</i> ”) das três estratégias testadas (a terceira era a “ <i>constrained</i> ”) ²⁷ ; Na estratégia “ <i>long only</i> ” os pesos dos ativos na carteira eram relativamente estáveis para diferentes horizontes de investimento em comparação à “ <i>constrained</i> ”.
Hong (2017)	2013-2015	Estados Unidos	Análise do momento de séries temporais (<i>time series momentum</i>).	A adição de uma pequena parcela de Bitcoin a uma carteira de ações (tomando o índice S&P500 como referência) poderia melhorar a relação entre desempenho e risco daquela carteira; Investidores institucionais também poderiam se beneficiar da diversificação com Bitcoin.

²⁷ Quanto às estratégias, a “*equally weighted*” consistiu na definição de pesos iguais e fixos para os ativos componentes do portfólio, a “*long only*” permitia a existência somente de pesos positivos e a “*constrained*” permitia a existência de pesos variando entre -100% e +100%.

Autores (Ano)	Período da amostra	País/Região	Metodologia	Principais resultados
Corbet et al. (2018)	2013-2017	Indefinido	Decomposição de variância generalizada (<i>generalized variance decomposition</i>).	Ausência de relacionamento dos criptoativos, incluindo o Bitcoin, com o mercado financeiro tradicional, o que evidencia seu potencial de diversificação; Criptoativos podem configurar uma nova classe de investimentos.
Coinbase e ARK Invest (2017)	2011-2016	Indefinido	Análise de séries temporais.	O preço do Bitcoin se manteve dissociado de outras classes de ativos durante o período analisado; Entre os ativos estudados, o Bitcoin é o único que mantém consistentemente baixa correlação com todos os outros.
Ciaian et al. (2016)	2009-2015	Indefinido	Modelo econométrico baseado em Barro (1979); Modelos canônicos e de análise de séries temporais.	No longo prazo, o preço do Bitcoin não estaria relacionado a fatores macroeconômicos; O preço do criptoativo estaria relacionado a sua atratividade e às forças de oferta e procura de seu próprio mercado; Não foi rejeitada a hipótese de que o comportamento especulativo dos investidores afeta o preço do Bitcoin tanto no curto quanto no longo prazo.

Autores (Ano)	Período da amostra	País/Região	Metodologia	Principais resultados
Baek e Elbeck (2015)	2010-2014	Estados Unidos	Análises de séries temporais e de regressão.	<p>O Bitcoin se revelou 26 vezes mais volátil do que o índice S&P500;</p> <p>O retorno do criptoativo seria resultante da atuação dos seus compradores e vendedores, e não de outros fatores económicos;</p> <p>O mercado de Bitcoins parecia altamente especulativo no período estudado.</p>
Chen (2016)	-	-	-	No estudo do modelo CAPM, mesmo se o ativo for bastante volátil em termos absolutos, como é o caso do Bitcoin, a ausência de correlação com o mercado faz com que seu Beta seja zero.
Bouri et al. (2017)	2011-2015	Indefinido	Modelo de correlação condicional dinâmica (<i>dynamic conditional correlation</i>).	<p>O Bitcoin seria um bom ativo de diversificação;</p> <p>O criptoativo nem sempre seria um bom ativo para proteção da carteira ou para refúgio, sendo que seu comportamento apresenta diferenças conforme o mercado e o horizonte de tempo analisados²⁸.</p>

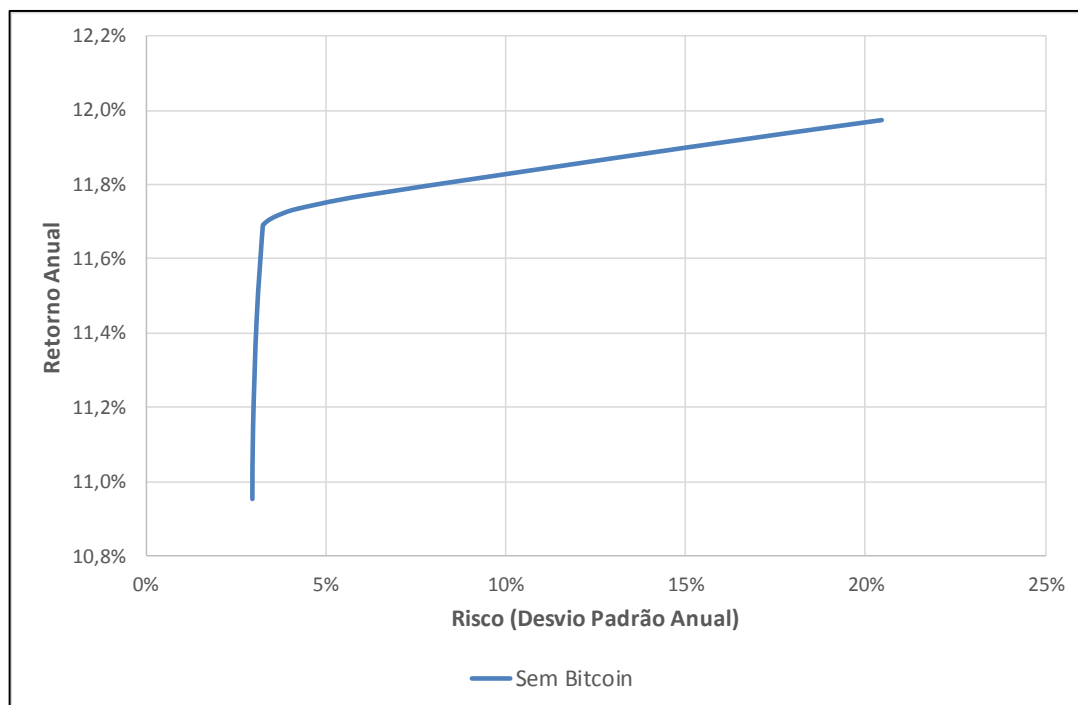
²⁸ Para Baur e Lucey (2010) e Ratner e Chiu (2013) um diversificador é um ativo que, na média, exibe correlação baixa (mas positiva) com outro ativo. Um ativo de proteção (*hedge*) seria aquele que apresentasse ausência de correlação ou correlação negativa com outro ativo. Um ativo de refúgio (*safe haven*), por sua vez, seria aquele que apresentasse ausência de correlação ou correlação negativa com outro ativo durante períodos de *stress*.

Anexo 4: Estudos sobre o impacto de ativos específicos na carteira do investidor brasileiro

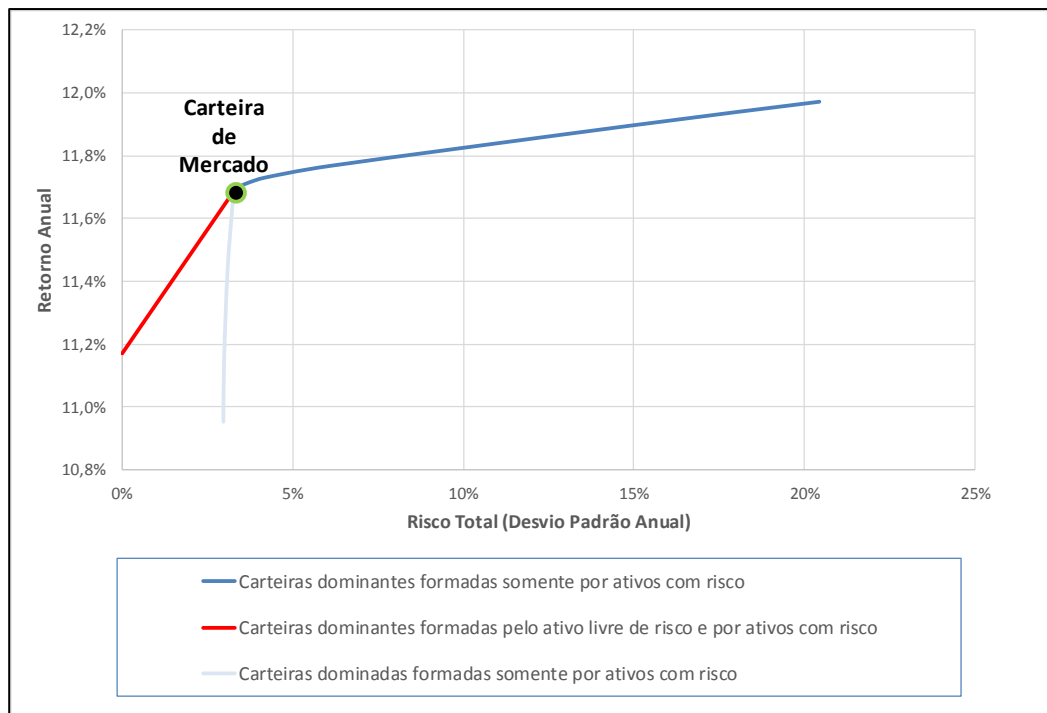
Autores (Ano)	Período da amostra	Objetivo	Metodologia	Principais resultados
Silveira e Barros (2010)	1994-2007	Investigar o impacto dos contratos futuros de mercadorias agropecuárias (café arábica, soja, milho, açúcar cristal, etanol e boi gordo) em uma carteira diversificada composta por ações, títulos de renda fixa, ouro e dólar.	Comparação das fronteiras eficientes nos cenários sem e com a possibilidade de inclusão dos ativos testados.	Houve expansões da fronteira eficiente em alguns períodos, porém elas não foram estatisticamente significativas.
Oliveira e Silva (2009)	2003-2007	Investigar se o investidor no mercado de ações brasileiro aumentaria a eficiência de sua carteira ao investir em ações de outros países da América Latina (Argentina, Chile, México e Peru).	Combinação de técnicas de inferência estatística.	A inclusão do investimento em ações de outros países latino americanos melhoraria a fronteira eficiente do investidor brasileiro de forma estatisticamente significativa.
Cunha e Samanez (2014)	2005-2010	Investigar se uma carteira de ações que replicasse o Índice de Sustentabilidade Empresarial (ISE) seria capaz de apresentar desempenho superior ao Ibovespa e a outros índices setoriais do mercado acionário brasileiro.	Comparação dos Índices de Sharpe, Sortino, Ómega, Treynor, Jensen e Modigliani & Modigliani.	O Índice de Sustentabilidade Empresarial não teria sido capaz de apresentar desempenho superior aos índices de <i>bnechmark</i> no período analisado.

Autores (Ano)	Período da amostra	Objetivo	Metodologia	Principais resultados
Caldeira et al. (2014)	2006-2011	Investigar se o investimento em cotas de fundos de investimentos multimercados resultaria em um portfólio com melhor relação risco-retorno do que os <i>benchmarks</i> adotados (índices de mercado e uma carteira com ativos com pesos iguais).	Modelo GARCH.	O investimento nos citados fundos resultaria em um portfólio com melhor relação risco-retorno do que os <i>benchmarks</i> adotados mesmo quando a frequência (diária, semanal ou mensal) de rebalanceamento das carteiras era alterada.
Lopes e Furtado (2006)	-	Discutir a inclusão de cotas de fundos de <i>private equity</i> e <i>venture capital</i> nas carteiras de investimentos das entidades de previdência complementar.	Discussão qualitativa.	Há oportunidades de diversificação e consequente melhora no perfil risco-retorno daquelas entidades.

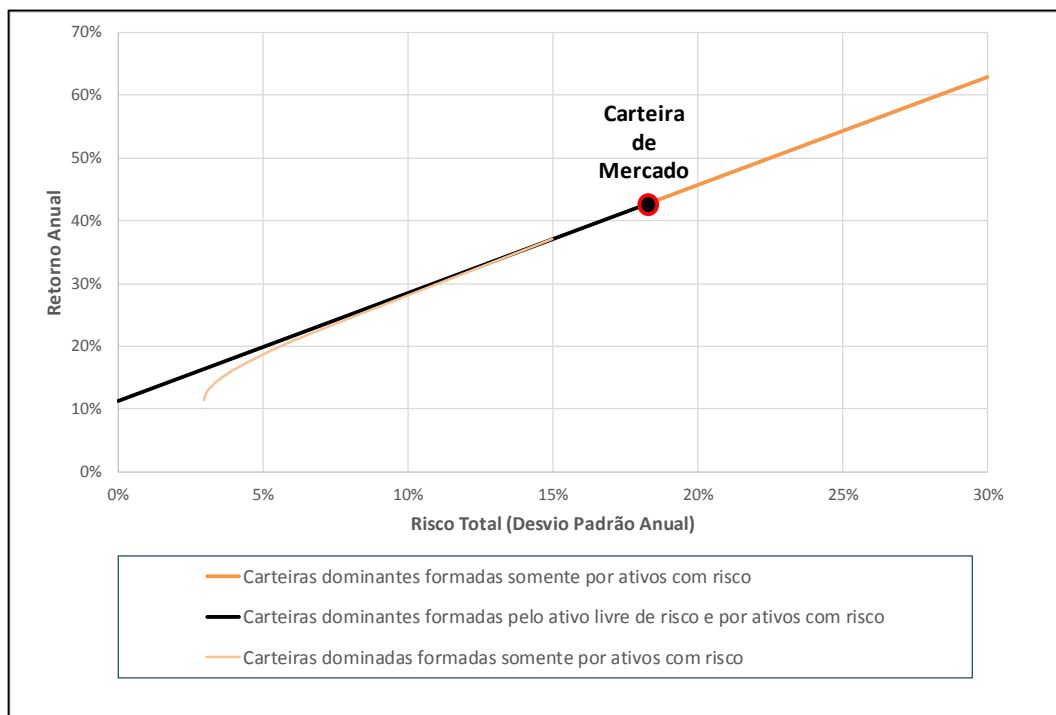
Anexo 5: Fronteira eficiente no cenário sem Bitcoin (e sem ativo livre de risco)



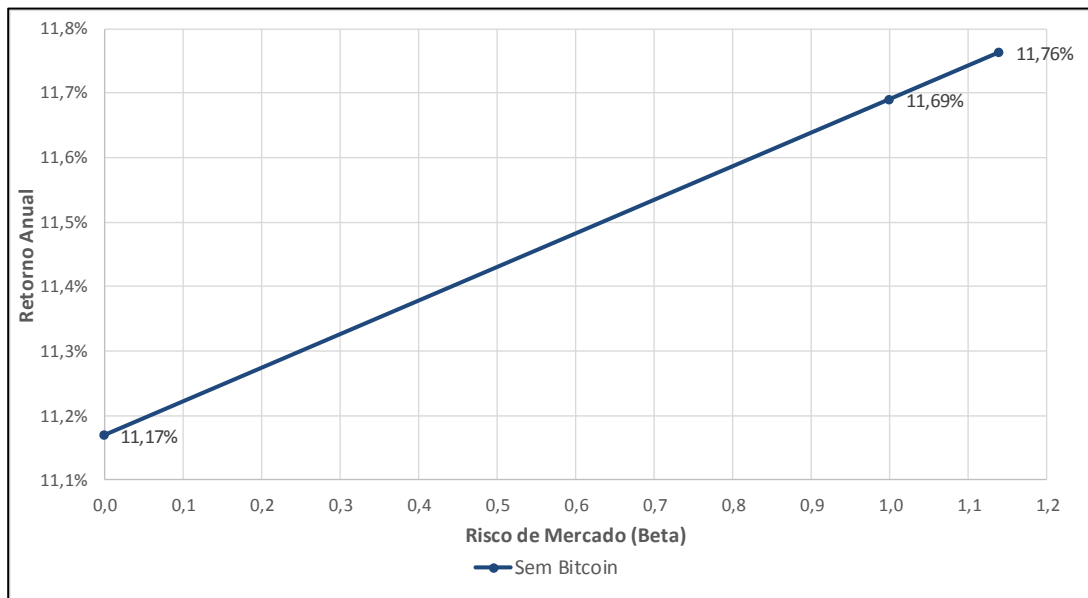
Anexo 6: Fronteira eficiente com ativo livre de risco e sem Bitcoin



Anexo 7: Trecho da fronteira eficiente com ativo livre de risco e com Bitcoin



Anexo 8: Retorno Anual em relação ao Risco de Mercado (sem Bitcoin)



Anexo 9: Composição das carteiras ótimas por intervalos trimestrais

	2013Q3	2013Q4	2014Q1	2014Q2	2014Q3	2014Q4	2015Q1	2015Q2	2015Q3	2015Q4	2016Q1	2016Q2	2016Q3	2016Q4	2017Q1	2017Q2	2017Q3	2017Q4	2018Q1	2018Q2	Média	Mediana
Bitcoin	7,23%	6,41%	0,00%	0,24%	0,00%	0,11%	0,37%	0,00%	4,38%	5,81%	0,00%	0,66%	1,01%	21,84%	0,00%	11,64%	0,06%	3,09%	0,00%	0,00%	3,14%	0,30%
IMA-Geral	65,15%	53,34%	88,81%	39,20%	32,41%	73,44%	72,13%	36,21%	55,47%	88,01%	87,36%	46,30%	58,48%	51,21%	65,32%	46,62%	79,16%	57,16%	69,41%	56,52%	61,08%	57,82%
Ibovespa	16,72%	0,00%	0,00%	3,65%	0,00%	0,00%	3,41%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,63%	0,00%	0,00%	1,96%	1,62%	0,00%	0,00%	1,40%	0,00%
IFIX	0,00%	0,00%	0,00%	56,32%	27,17%	0,00%	0,00%	59,01%	0,00%	0,00%	5,49%	50,59%	35,20%	26,31%	31,31%	26,30%	8,81%	17,68%	16,89%	0,00%	18,05%	12,85%
Dólar	0,00%	40,25%	0,00%	0,00%	40,43%	15,04%	12,61%	4,78%	39,89%	2,07%	0,00%	0,00%	3,36%	0,00%	0,00%	15,45%	7,24%	20,45%	9,40%	31,72%	12,13%	6,01%
Ouro	10,91%	0,00%	11,19%	0,59%	0,00%	11,41%	11,48%	0,00%	0,26%	4,11%	7,15%	2,44%	1,96%	0,00%	3,37%	0,00%	2,78%	0,00%	4,30%	11,76%	4,19%	2,61%
Soma	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	80%
Ómega	1,63	2,61	1,78	4,04	3,26	1,86	3,81	6,96	2,28	2,66	3,19	3,59	7,91	4,77	5,59	3,68	6,68	3,60	11,78	1,97	4,18	3,60

FACULDADE DE ECONOMIA

